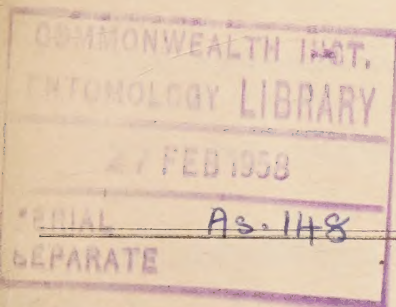
北海道農業試験場彙報

第 73 号

昭 和 32 年 3 月

RESEARCH BULLETIN

OF THE

HOKKAIDO NATIONAL AGRICULTURAL EXPERIMENT STATION

No. 73

March, 1957

Published by

The Hokkaido National Agricultural Experiment Station

Kotoni, Sapporo, Japan

北 海 道 農 業 試 験 場

札 幌 市 琴 似 町

目　　次

CONTENTS

甜菜の雑種強勢に関する研究

第1報　甜菜の品種間一代雑種について

細　川　定　治*　　武　田　竹　雄*

STUDIES ON HYBRID VIGOR IN SUGAR BEETS
PART 1. RESULTS OF F_1 HYBRIDS FROM VARIETAL CROSSINGS

By Sadaji HOSOKAWA and Takeo TAKEDA

緒　　言

他殖性作物の雑種強勢利用による作物育種は，近年目覚ましい進歩をとげるに至つた。甜菜においてもこれに関する研究が早くから行われ，特にアメリカにおいては STEWART,[14] COONS,[1] DOXTATOR,[8] GASKIEL,[10] COONS *et al.*[2)3)4)5)6)] 等によつて多くの優れた一代雑種組合せがつくられ，これらの組合せは多収性あるいは褐斑病抵抗性品種として広く栽培されている。また最近では COONS *et al.*[4)5)] によつて性能の優れた数系統を組合せた合成品種が育成されて，甜菜栽培上重要な地位を占めるに至つている。北海道農業試験場においても古く1937年頃より甜菜の雑種強勢利用に関する研究が行われてきた。即ち初歩的な段階として多数の甜菜品種，系統を用いてそれらの組合せ能力を検定するとともに，雑交率，相反交雑等についての研究を行い，他方自殖によつて系統の養成を行つてこれら系統の組合せ能力を検定する等，広く雑種強勢利用に関する研究を行つてきた。これらの試験のうち一部完了した品種間一代雑種の結果を取纒めて報告する。

本稿を草するに当つて，いろいろとご教示を賜つた北海道大学農学部教授長尾正人博士に深く感謝の意を表する。

材料及び方法

1937年より1942年に至る6箇年間に，単交配によつて多くの組合せ交雑を行つて，その組合せ能力を検定した。この組合せにもちいた品種は第1表に示された16品種で，これらの品種は長年の間集団淘汰が行われてきたもので，その実用的な特性はほとんど固定しているものである。

第1表に示されたように，各品種の組合せの試

第1表　甜菜品種間一代雑種組合せ（1938～1940）

Table 1　First generation crosses in sugar beet varieties.

品種名	一代雑種の試験年数														
	品種名														
	チストフテ	V.W.F	本第13088	本育404号	本育402号	本育401号	本育400号	本育399号	本育398号	本育390号	本育192号	本育191号	本育190号	本育162号	本育48号系2
本育48号		1	2				2	1	2	1	2	1	2	2	
〃48号系2	2														
〃　162号	2	1	4			4	4	4	4				1		
〃　190号	1	2	3			1	1	1	1	1	2				
〃　191号	1		1	4		1	1	1	1						
〃　192号	2		4			3	4	3	4	1					
〃　390号	2	1	4			4	4	4	4						
〃　398号					2	3									
〃　399号						3									
〃　400号					1	2									
〃　401号	3	1	3		1										
〃　402号															
〃　404号															
本第13088															
V. W. F.															
チストフテ															

註：数字は試験年数

*　作物部特用作物第1研究室

験年数は必ずしも一致せず，1年から4年までいろいろな組合せがある。一代雑種種子は毎年検定の前年に集団交雑によつて生じたものを用いた。雑種種子は母根を品種別に交互に定植して，なるべく雑種種子のできる機会を多くした。生産力の検定はその翌年に行つた。組合せ試験結果の大要を次に示した。

試験結果

1）任意の組合せによる品種間一代雑種

第2表は単交配による16品種の組合せ能力の検定表で，各品種の F_1 の形質の価を，組合せ親の価で除した数字である。第1表に示されたように，試験年次は組合せによつて一定していないので，これらの結果から直ちに結論は下し得ないが，総括的な傾向は判断し得るものと思われる。即ちここで取扱われた16品種のうち大多数は，各形質について雑種強勢を示し，菜根収量において特に顕著であつた。菜根収量では「本育399号」と「本育402号」を除く多くの品種は，一代雑種

第2表　品種間一代雑種組合せ検定表（1938～1942）

Table 2　Comparisons, in performance, of hybrids.

（a）菜根収量

検定親	検定品種を100とする一代雑種の菜根収量割合（1938～1942）															
	被検定品種															
	本育48号	本育48号系2	本育162号	本育190号	本育191号	本育192号	本育390号	本育398号	本育399号	本育400号	本育401号	本育402号	本育404号	本第13088	V.W.F	チストフテ
本育48号	100		112	109	103	148	87	100	84	107				107	115	
〃 48号系2		100														122
〃 162号	108		100	111				110	108	102	125			104	110	93
〃 190号	86		99	100		112	105	83	89	116	94			115	124	102
〃 191号	106				100			111	69	93	103		120	131		98
〃 192号	123			102		100	120	110	96	107	104			106		100
〃 390号	89			105		140	100	104	111	104	116			111	134	103
〃 398号	89		102	91	98	120	107	100			115	71				
〃 399号	86		97	140	86	110	115		100		122					
〃 400号	112		104	168	107	121	106			100	115	105				
〃 401号			117	155	137	117	112	106	102	109	100	85		100	117	108
〃 402号								95		111	78	100				
〃 404号					114								100			
本第 13088	116		119	157	173	135	131				115			100		
V. W. F	102		96	116			117				97				100	
チストフテ		128	98	127	102	122	126				126					100
一代雑種平均	101.7	128.0	104.8	125.5	115.0	125.0	112.6	102.4	94.1	106.1	109.2	87.0	120.0	110.6	120.0	103.7

（b）可製糖量

検定親	検定品種を100とする一代雑種の可製糖量割合（1938～1942）															
	被検定品種															
	本育48号	本育48号系2	本育162号	本育190号	本育191号	本育192号	本育390号	本育398号	本育399号	本育400号	本育401号	本育402号	本育404号	本第13088	V.W.F	チストフテ
本育48号	100		100	87	109	126	96	78	89	113				117	100	
〃 48号系2		100														125
〃 162号	121		100	86				105	103	107	124			107	91	96
〃 190号	115		96	100		134	167	92	151	166	164			142	110	118
〃 191号	101				100			94	87	103	146		115	166		99
〃 192号	149			115		100	145	116	109	123	118			119		125
〃 390号	90			106		122	100	100	113	100	123			122	118	124
〃 398号	111		102	84	110	103	100	100			99	97				
〃 399号	81		108	88	65	94	106		100		100					
〃 400号	110		109	110	89	110	106			100	120	100				
〃 401号			114	91	104	102	122	92	111	108	100	68		105	88	99
〃 402号								75		96	100	100				
〃 404号					124								100			
本第 13088	126		106	126	143	105	115				107			100		
V. W. F	120		110	123			143				122				100	
チストフテ		125	93	106	95	102	107				107					100
一代雑種平均	113	125	119	102	105	111	120	94	109	115	119	88	115	125	101	112

（c） 葉 頸 重 量

検定親	検定品種を 100 とする一代雑種の頸葉重割合（1938～1942）															
	被検定品種															
	本育48号	本育48号系2	本育162号	本育190号	本育191号	本育192号	本育390号	本育398号	本育399号	本育400号	本育401号	本育402号	本育404号	本第13088	V.W.F	チストフテ
本育 48 号	100		71	84	106	99	85	87	93	95				91	91	
〃 48号系 2		100														114
〃 162 号	64		100	81				92	94	93	90			89	58	110
〃 190 号	107		129	100		95	77	101	132	109	68			128	126	111
〃 191 号	144				100			87	74	83	78		116	72		90
〃 192 号	115			87		100	165	100	101	110	102			108		126
〃 390 号	75			55		105	100	86	98	89	90			102	63	144
〃 398 号	122		108	117	129	106	98	100			101	82				
〃 399 号	127		111	145	104	115	109		100		106					
〃 400 号	108		134	152	148	132	122			100	86	142				
〃 401 号			113	100	147	115	119	122	111	81	100	136		117	130	136
〃 402 号								87		83	76	100				
〃 404 号					133								100			
本第 13088	131		107	156	128	123	121				116			100		
V. W. F	122		90	122			95				96				100	
チストフテ		130	113	137	104	93	144				104					100
一代雑種平均	112	130	108	112	125	109	114	95	100	93	93	120	116	101	94	119

（d） 草　　　丈

検定親	検定品種を 100 とする一代雑種草丈の割合（1938～1942）															
	被検定品種															
	本育48号	本育48号系2	本育162号	本育190号	本育191号	本育192号	本育390号	本育398号	本育399号	本育400号	本育401号	本育402号	本育404号	本第13088	V.W.F	チストフテ
本育 48 号	100 100		93 101	95 105	114 105	97 105	93 102	114 94	129 103	100 95				101 104	137 108	
〃 48号系 2		100 100														101 105
〃 162 号	94 109		100 100	114 98				103 97	112 99	105 95	100 94			101 104	103 100	98 102
〃 190 号	97 103		106 99	100 100		95 112	101 119	85 102	111 119	107 111	95 104			98 114	109 105	115 83
〃 191 号	118 95				100 100			106 105	116 117	98 118	102 121		109 103	112 112		88 96
〃 192 号	93 103			93 108		100 100	99 113	105 100	98 103	105 106	90 105			93 102		97 95
〃 390 号	98 108			101 115		108 111	100 100	109 106	96 93	97 95	103 99			100 100	102 111	109 102
〃 398 号	108 106		102 105	89 116	108 111	100 103	110 120	100 100			110 119	97 121				
〃 399 号	110 106		110 99	112 112	108 103	108 104	99 105		100 100		107 94					
〃 400 号	99 99		107 104	123 108	105 107	106 100	109 107			100 100	123 93	105 106				
〃 401 号			94 104	101 101	100 109	98 109	98 106	112 107	101 95	117 100	100 100	106 114		104 90	113 112	105 96
〃 402 号								103 106		82 98	88 106	100 100			-	
〃 404 号					118 94								100 100			
本第 13088	106 96		101 111	101 109	107 97	96 106	96 105				105 88			100 100		
V. W. F	112 108		112 122	76 103			97 104				103 106				100 100	
チストフテ		100 100	106 93	99 99	86 95	97 95	101 128				104 104					100 100
一代雑種平均	104 103	100 100	104 108	101 103	106 103	101 105	100 111	105 102	109 104	101 102	103 103	103 114	109 103	101 104	113 107	102 97

註：上段は生育初期の草丈，下段は生育盛期の草丈。

で収量の増加を示した。

第3表は第2表により両親をそれぞれ100とした収量割合を相関表にしたもので，この表によると一代雑種で両親のいずれにも優るもの39組合

せ，両親のいずれにも劣るものが7組合せであつた

第3表　一代雑種と両親との関係

Table 3　Relation between parental varieties and their hybrids.

優れる親を100とするF_1の割合	組合せ数 劣れる親を100とするF_1の割合										
	71～80	81～90	91～100	101～110	111～120	121～130	131～140	141～150	151～160	161～170	171～180
71 ～ 80	C	1	1								B
81 ～ 90		2	1	2				1			
91 ～ 100			1	3	5				1		
101 ～ 110				5	12	6	2				A
111 ～ 120					2	4	2		1	1	
121 ～ 130						1		2			
131 ～ 141											1

この結果によると，大多数の甜菜品種は一代雑種とすることによつて生産力が増加する。即ち雑種強勢を示し，その程度は組合せ品種によつて異なり，またある少数の組合せではむしろ雑種にすることによつて両親に劣る場合も認められた。

2）特性の異なる二つの品種群間の一代雑種

前記の試験結果に統計的な検討を加えるために，試験結果のうちから組合せ及び試験年次の一定した 15 組合せをとつた。これらの組合せの親品種は，第4表に示されたように，その基本的な形質によつて二つに群別することができ，この特性の異なる二つの群間で交雑が行われたものである。第4表にはこれら2群の品種の主要特性を示した。

即ちこれら組合せ親の8品種は，生理的形質の異なる Vilmorin 型（第1群）と Kleinwanzleben 型（第2群）のいずれかに属している。第5表に茱根収量，根中糖分並びに可製糖量の4箇年間の

第4表　組合せ品種の主要特性

Table 4　Description of parental varieties.

群別	品種名	主要特性							
		葉姿	葉色	葉柄	根形	糖分	耐病性程度	熟期	収量
第1群	本育 162 号	直立	濃緑	太	長形	稍低	強	晩	多
	〃 192 号	〃	緑	〃	〃	中	〃	〃	稍多
	〃 390 号	〃	濃緑	稍太	〃	中	〃	〃	多
第2群	〃 398 号	開張	淡緑	細	短形	稍低	弱	早	多
	〃 399 号	〃	〃	〃	長形	〃	〃	〃	〃
	〃 400 号	〃	〃	〃	短形	〃	〃	〃	〃
	〃 401 号	〃	〃	〃	〃	高	〃	〃	中
	本第 13088	〃	〃	〃	〃	低	〃	〃	多

第5表　甜菜品種間一代雑種並びに親品種の試験成績（1939～1942）

Table 5　Comparisons, in performance, of hybrids with their respective parental varieties.

品種名	反当茱根収量（kg）					根中糖分（%）					反当可製糖量（kg）				
	1939	1940	1941	1942	平均	1939	1940	1941	1942	平均	1939	1940	1941	1942	平均
本育 162 号×本育 398 号	2077	4298	3643	4251	3567	17.5	17.7	19.2	17.7	18.0	338	687	638	678	585
〃 162 号×〃 399 号	3100	3400	3847	2923	3318	17.9	17.6	19.2	16.7	17.9	514	553	677	425	542
〃 162 号×〃 400 号	3506	3422	3657	3607	3548	17.5	17.7	19.5	18.4	18.3	552	549	647	558	577
〃 162 号×〃 401 号	3895	3977	4091	3884	3962	18.1	19.3	18.6	17.4	18.4	645	707	696	596	661
〃 162 号×本第 13088	4040	4020	3697	3762	3880	16.5	16.3	16.5	17.5	16.6	624	591	539	588	586

品種名	反当菜根収量 (kg)					根中糖分 (%)					反当可製糖量 (kg)				
	1939	1940	1941	1942	平均	1939	1940	1491	1942	平均	1939	1940	1941	1942	平均
本育192号×本育398号	3007	3256	3684	4257	3551	16.8	18.4	19.0	18.2	18.1	441	555	635	689	580
〃 192号×〃 399号	2706	3227	3663	(3176)	3193	18.3	18.7	18.6	(18.2)	18.5	459	556	620	(507)	536
〃 192号×〃 400号	3781	3476	3583	3422	3566	18.0	18.5	19.7	17.6	18.5	638	583	652	544	604
〃 192号×〃 401号	2592	3184	3187	(2971)	2984	18.2	18.6	19.7	(18.6)	18.8	614	540	567	(536)	564
〃 192号×本第 13088	3666	4486	3526	3990	3917	16.4	17.4	18.1	18.2	17.5	536	711	580	488	579
本育390号×本育398号	3607	3479	4322	3358	3692	17.7	17.4	17.9	17.8	17.7	431	542	707	530	553
〃 390号×〃 399号	3219	3691	4272	3547	3682	18.0	17.6	19.7	18.0	18.3	535	593	786	567	620
〃 390号×〃 400号	3498	3122	4345	3501	3617	17.7	18.5	19.3	18.0	18.4	567	530	775	568	610
〃 390号×〃 401号	3523	3126	4880	3219	3687	20.2	19.5	19.9	21.2	20.2	670	567	894	620	688
〃 390号×本第 13088	4470	4020	3817	3643	3988	16.6	17.3	19.4	16.9	17.6	686	623	683	548	635
本育 162号	3116	3540	3661	3154	3368	17.8	17.2	18.0	17.3	17.6	519	539	595	483	534
〃 192号	2314	3139	3343	3154	2988	18.8	18.4	18.9	17.3	18.4	402	521	576	481	495
〃 390号	3120	3160	3321	3111	3178	18.1	18.5	19.5	18.0	18.5	522	535	595	507	540
〃 398号	2172	3439	3619	3884	3279	17.8	19.4	18.6	18.2	18.5	364	539	616	634	538
〃 399号	3108	3342	3129	3284	3216	19.4	17.3	18.9	18.4	18.5	567	545	546	552	553
〃 440号	2884	3582	4027	3417	3478	18.7	17.1	18.7	17.8	18.1	496	552	670	541	564
〃 441号	3290	2968	3081	2669	3002	19.6	20.3	20.9	20.2	20.3	597	553	594	494	560
本第 13088	3257	4497	3726	3416	3724	16.5	15.8	16.6	17.4	16.6	493	649	561	535	560

註：(　)内は3箇年平均

試験結果とその平均とを示した。

この結果によれば前述の二つの群に属する品種間の一代雑種は，菜根收量，可製糖量ともにいちじるしく組合せ親品種に優つている。根中糖分については特に雑種強勢は認められず，F_1 の値は組合せ親品種の平均に近い値を示した。それぞれの品種の組合せについてみると，第1群では「本育390号」，第2群では「本第13088」の組合せがそれぞれの群内で最も優つている。また第1群と第2群の交互作用は統計的に有意でないので，いま第1群と第2群の品種をそれぞれの Combining ability 検定の tester として考えるときは，各品種の Combining ability は tester によつていちじるしく変動することはないから，前記の2品種群の各品種は Specific combining ability は高くなく，General combining ability が高いと考えることができる。しかし甜菜は本来他殖性作物であつて，集団淘汰によつて表現型は一応整一になつていても遺伝的にはヘテロの状態にあることが考えられるので，General combining ability が高いのは当然ともいい得る。

根中糖分は第1群では「本育390号」，「本育192号」の組合せが「本育162号」の組合せにいちじるしく優り，第2群では「本育401号」の組合せが最高を示し，組合せ親品種の影響が大きい

第6表 二つの甜菜品種群間の組合せ能力
(4箇年平均)

Table 6 Combining abilities of two grouped varieties.

第1群	反当菜根収量 (kg) 第2群						
	本育398号	本育399号	本育400号	本育401号	本第13088	平均	親(第1群)
本育162号	3567	3318	3548	3962	3880	3655	3368
〃 192号	3551	3193	3566	2984	3917	3442	2988
〃 390号	3692	3682	3617	3687	3988	3733	3178
平均	3603	3398	3577	3544	3928	3610	親総平均
親(第2群)	3279	3216	3478	3002	3724		3279

第1群	根中糖分 (%) 第2群						
	本育398号	本育399号	本育400号	本育401号	本第13088	平均	親(第1群)
本育162号	18.0	17.9	18.3	18.4	16.6	17.8	17.6
〃 192号	18.1	18.5	18.5	18.8	17.5	18.3	18.4
〃 390号	17.7	18.3	18.4	20.2	17.6	18.4	18.5
平均	17.9	18.2	18.4	19.1	17.2	18.2	親総平均
親(第2群)	18.5	18.5	18.1	20.3	16.6		18.3

第1群	反当可製糖量 (kg) 第2群						
	本育398号	本育399号	本育400号	本育401号	本第13088	平均	親(第1群)
本育162号	585	542	577	661	586	590	534
〃 192号	580	536	604	564	579	573	495
〃 390号	553	620	610	688	635	621	540
平均	573	566	597	638	600	595	親総平均
親(第2群)	538	553	564	560	560		543

ことを示している。可製糖量では「本育 390 号」の組合せが第1群で最も多く，第2群では「本育401号」の組合せが最も多かつた。またいずれの場合にも Combining ability の最も優つた品種間の組合せによる一代雑種が最も優つており，玉蜀黍における EAST[9] の報告と一致している。以上の結果について更に総括して統計的な検討を行つた。その結果を第7表に示した。

第7表 F 検 定 表

Table 7 F value.

要因	自由度	F_0 菜根収量	F_0 根中糖分	F_0 可製糖量
品種間	22	2.13*	4.76**	1.52
親品種一代雑種群間	1	12.73**	1.84	10.21**
一代雑種群内	14	1.77	4.45**	1.47
第1群品種組合せ群内	2	2.53	3.66*	2.69
第2群品種組合せ群内	4	2.54*	10.43**	2.04
第1群×第2群	8	1.20	1.66	0.87
誤差	64	-	-	-

この結果によると一代雑種群の菜根収量と親品種群の菜根収量のそれぞれの平均値間に統計的に有意な差が認められる。即ち一代雑種群は親品種群よりいちじるしく増収し，明らかに雑種強勢を示している。根中糖分では一代雑種群と親品種群内では特に有意差は認められず，前述のように特に雑種強勢の現象はなく，一代雑種群の平均値が親品種群のそれとほとんど等しい。これは CULBERTSON,[7] や STEWART[12] が報告しているように，一代雑種の根中糖分は組合せ親品種の根中糖分の算術平均に等しいという説明と一致している。従つて可製糖量は菜根収量と同じ傾向を示し，その増加の主因は菜根収量によつてなされるものである。一般にある系統や品種の Combining ability は，それらが一定の方向に交配された一代雑種群の平均値によつて決められるものと考えると，「本育 390 号」，「本育 401 号」並びに「本第 13088」等は最も Combining ability の高い品種と考えられ，それぞれの群内で Combining ability の最も高い品種間で組合わされた一代雑種，即ち前記の品種の組合せが最も優つていた。以上いままで述べた結果から考察して，甜菜は品種を単独で用いるよりは一代雑種として用いた方が非常に有利である。なお甜菜の一代雑種利用にあたつて考慮すべき重要な事項は，甜菜は雌雄両全花の他殖性作物であるから，自然交雑によつて雑種種子を生産する場合，その得られた種子の中には自殖及び姉妹交配のものもある程度含まれていることである。甜菜は自家不和合性が高く，また雄蕊先熟であるから自殖交雑によつて当然雑種種子が多くできるものと思われるがこの問題は後で述べる。

3) 組合せ親品種と一代雑種との相関々係

一代雑種並びに組合せ親のそれぞれの平均値の間で，菜根収量，根中糖分並びに可製糖量の相関関係を検討した。その結果を第8表に示した。

第8表 一代雑種と組合せ親の比較

Table 8 Comparisons of hybrids with their respective parental varieties.

第1群	世代別	反当菜根収量 (kg) 第2群 本育398号	本育399号	本育400号	本育401号	本第13088
本育162号	両親の平均	3324	3292	3423	3185	3596
	一代雑種	3567	3318	3548	3962	3880
本育192号	両親の平均	3139	3102	3233	2995	3356
	一代雑種	3551	3193	3566	2984	3917
本育390号	両親の平均	3229	3197	3328	3090	3451
	一代雑種	3692	3682	3617	3687	3988

r＝＋0.587*

第1群	世代別	根中糖分 (%) 第2群 本育398号	本育399号	本育400号	本育401号	本第13088
本育162号	両親の平均	18.1	18.1	17.9	19.0	17.1
	一代雑種	18.0	17.9	18.3	18.4	16.6
本育192号	両親の平均	18.5	18.5	18.3	19.4	17.5
	一代雑種	18.1	18.5	18.5	18.8	17.5
本育390号	両親の平均	18.5	18.5	18.3	19.4	17.6
	一代雑種	17.7	18.3	18.4	20.2	17.6

r＝＋0.841**

第1群	世代別	反当可製糖量 (kg) 第2群 本育398号	本育399号	本育400号	本育401号	本第13088
本育162号	両親の平均	536	544	549	547	547
	一代雑種	585	542	577	661	586
本育192号	両親の平均	517	524	530	528	528
	一代雑種	580	536	604	564	579
本育390号	両親の平均	539	547	552	550	550
	一代雑種	553	620	610	688	635

r＝＋0.527*

この結果によると菜根収量の場合，r ＝＋0.587* で統計的に有意義であり，二つの品種群間で組合

せ親の収量の多い場合には一代雑種の収量も多いことを示した。根中糖分では $r=+0.841^{**}$ で更に顕著な傾向を示し，その結果として可製糖量も $r=+0.527^{*}$ で同じ結果を示した。

これらの相関々係からみても，前にも述べたように，このように生理的特性の異なる二つの型に属する品種では，組合せ親の性能によつて雑種強勢が期待し得る可能性もあるものと思われた。

4) **雑交率について**

さきに述べたように，甜菜の一代雑種は完全な雑種個体のみではなく，姉妹交配及び自殖のものも含まれるので，雑交率は一代雑種種子生産のうえから非常に重要な事項である。

甜菜においては，根の表皮の赤色は，白に対して優性であるので，この特性を利用して雑交率を調査した。即ち表皮の赤い親としては「マリエンリスト1号」，白い親には「本育191号」を用いた。交配は一代雑種の場合と同様に，畦または株を交互に定植して自然交雑を行わせ，種子は母親別に採種した。翌年「本育191号」を母として得られた種子を播いて交率雑を決定した。その結果は第9表に示した。

第9表 雑 交 率（1938年）

Table 9 Percentage of hybridization.

区別	雑交率（%）	
	収穫時	間引時
交互株植	73.2	48.2
交互畦植	57.5	55.9
平均	65.4	52.1

この結果では交互株植と交互畦植で多少の差が認められるが，大凡50〜70％の雑交率を示した。STEWART[12] 等によれば，甜菜の雑交率は変異が大きく，最大90％から最小10％迄におよぶことを報告している。これらの変異は組合せ親の不和合性の程度や環境条件の影響等によるものと思われる。実際栽培における甜菜の一代雑種種子の生産は，母根養成のときに組合せ親の種子を混合し，翌年自然交雑によつて集団採種を行うのが最も有利な方法である。しかしこのような方法では当然ある程度の親品種が一代雑種中に含まれ，雑種強勢の利用度はある程度制限されるものと思われる。それで雑種強勢を更に高度に利用するためには OWEN[11)12)13)] その他の報告にあるような雑性不稔形質の利用が考えられ，目下このための研究も行つている。

結　　言

品種間一代雑種は，雑種強勢利用における最も初歩的な段階で，普通は自殖系統ができていないときに行われる方法である。筆者等も自殖系統育成の予備的調査として品種間の組合せ能力の検定を試みたが，その結果本試験に供用された組合せの大多数は一代雑種で茶根収量が増加した。しかしある少数の組合せでは雑種強勢は認められなかつた。試験年次及び組合せの一定な Kleinwanzleben 品種群と Vilmorin 品種群との一代雑種では，その大多数は交雑の方向いかんにかかわらず組合せ親のいずれよりも茶根収量が増加した。これらの実証された結果は，当然雑種強勢の効果に帰すべきもので，いずれか一方の親品種の有する特定の優性遺伝子によるものでないことは明らかである。根中糖分は特に雑種強勢は認められず，一代雑種の価は組合せ親の平均に等しくなつている。それで可製糖量は茶根収量の増加に相応する。従来の欧米各国の甜菜育種は，主に集団選抜法によつて行われ，甜菜品種はその集団の平均的な主要形質に対して例えば高糖（Z），中間（N），及び多収（E）というような標識が与えられているものが多かつた。しかしこのような育種法による進歩は既に限界に達しているものと思われる。甜菜品種間に顕著な雑種強勢の現象が認められるという事実は，甜菜育種に更に大幅な進歩すべき機会のあることを示している。甜菜の品種はヘテロな個体の集団であることは，育種材料を選抜するための progeny test を行つて見れば明らかなところである。特定の形質を具備した自殖系統の育成による一代雑種並びに合成品種の利用は，よりよく北海道の栽培に適し，実際に収量を増加させる明らかな見透しを甜菜育種面に拓くものである。

摘　　要

甜菜の雑種強勢利用に関する試験の初歩的な段階として，1937年から1942年にわたつて広く甜菜品種を組合せて一代雑種をつくり，その組合能力を検定した。その結果大多数の甜菜品種は一代雑種とすることによつていちじるしく増収した。

しかしある少数の品種の組合せでは特に雑種強勢は認められなかつた。Vilmorin 系と Kleinwanzleben 系に属する2つの品種群間で4年間完全な組合せを行つた。その結果すべての一代雑種は組合せ親品種に優つていた。組合せ能力は品種によつて差のあることが認められた。組合せ親品種の平均値と一代雑種の値との相関は，菜根収量，根中糖分並びに可製糖量いずれの場合も正で相関係数は大きく，従つて一代雑種の組合せ能力はその組合せ親の性能によつてほぼ予期し得るものと思われた。

文 献

1. COONS, G. H. 1941. A new leaf-spot resistant beet variety. Sugar, 36 (7) : 30～33.
2. COONS, G. H., STEWART D., DEMING, G. W., GASKILL, J. O., HENDERSON. R. W., LILLE. J. G. and NUCKLOS, S. B. 1946. Report on tests in 1945 of U. S. 215 × 216 and other varieties from sugar beet leaf-spot resistance breeding investigations of U. S. D. A. Proc. Amer. Soc. Sugar Beet Tech. 4 : 206～209.
3. ―――― 1948. Report on 1947 tests of U. S. 215×216 and of other varieties from sugar beet leaf-spot resistance breeding investigations of the U. S. D. A. Proc. Amer. Soc. Sugar Beet Tech. 5 : 166～170.
4. ―――― 1950. Report on 1949 tests of U. S. 216 × 225 and other varieties from sugar beet leaf-spot resistance breeding investigation of the U. S. D. A. Proc. Amer. Soc. Sugar Beet Tech. 6 : 209～217.
5. ―――― 1952. Report of the 1951 evaluation tests of leaf-spot and black-root resistant sugar beet varieties of the U. S. D. A Proc. Amer. Soc. Sugar Beet Tech. 7 : 445～451.
6. ―――― 1954. Evaluations tests in 1953 of U. S. 400 and related black-root and leaf-spot resistant varieties of the U. S. D. A. Proc. Amer. Soc. Sugar Beet Tech. 8 : 112～117.
7. CULBERTSON, J. O. 1944. Inheritance of factor influencing sugar percentage in *Beta vulgaris*. Jour. Agr. Res. 64 : 152～172.
8. DOXTATER, C. W. 1942. Some crossing experiments with sugar beets. Proc. Amer. Soc. Sugar Beet Tech. 2 : 325～335.
9. EAST, E. M. 1936 Heterosis. Genetics, 21 : 375～397.
10. GASKILL, J. D. 1946. Heterosis in sugar beet single crosses. Proc. Amer. Soc. Sugar Beet Tech. 4 : 210～222.
11. 細川定治・武田竹雄・大谷義雄・池畑瑞子 1954. 甜菜雄性不稔の細胞組織学的研究. 育種学雑誌, 4巻, 3号 : 196～202.
12. OWEN, F. V. 1945. Cytoplasmically inherited male sterility in sugar beet. Jour. Agr. Res. 71 : 423～440.
13. ―――― 1945. Utilization of male sterility in breeding superior-yielding sugar beet. Proc. Amer. Soc. Sugar Beet Tech. 5 : 156～161.
14. STEWART, D. 1940. Hybrid vigor in sugar beets. Jour. Agr. Res. 60 (11) : 715～738.

Résumé

For the purpose of utilizing the hybrid vigor in sugar beets, the authors investigated, as a beginning, the performance and the combining abilities of sugar beet varieties, using many F_1 hybrids obtained by pairings, for 6 years from 1937 to 1942. Most hybrids have shown significant increase in root weight according to vigor of hybridity. With some hybrids no responses were shown. Hybridization was made completely for 4 years between two types of sugar beet varieties that are Vilmorin and Kleinwanzleben.

These hybrids were given extensive tests, and it was shown that, regardless of the direction of cross, the most hybrids were significantly greater in root weight than either parent, but the parental vigor of hybridity differed by variety. Correlation coefficients calculated, of root yields, sugar contents and sugar yields between the mean of parental varieties and that of hybrids were significantly positive.

From these results, it has been concluded that the prediction of hybrid vigor is within the range of possibilities, taking into consideration the characteristics of parental varieties.

種子の温度処理に関する研究

第2報 アスパラガス種子の休眠性と発芽温度の変化

小　餅　昭　二*

STUDIES ON TEMPERATURE TREATMENTS OF SEEDS

II. DORMANCY AND GERMINATING TEMPERATURE IN GARDEN ASPARAGUS SEEDS

By Shoji KOMOTI

まえがき

種子の諸特性の中で最も生態的に重要であり，またそれゆえに農業上に大きな意味をもつものは，温度に対する反応様式である。これは発芽温度と休眠性の問題に帰する。

ここで発芽温度とは，種子が発芽できる温度範囲を意味し，発芽の最適，最高，最低温度等の諸概念をふくんでいる。また休眠性とは一時的に種子の発芽力が低下し，あるいは全く発芽力を示さず，適当な条件が与えられることによつて正常な発芽力を回復する現象を意味し，種子の成熟中に形成されたものを第一次休眠，種子成熟後特定の条件の下で休眠性をもつようになつたばあい，あるいは休眠の強さ（休眠度）が増大したばあいを第二次休眠という。

種子の発芽温度は作物の種類によつてちがつており，一般に南方熱帯，亜熱帯原産の作物では高く，北方温帯原産のものでは低いことが知られている。したがつて各作物の発芽温度は一つの適応形質であり，それが由来した気候条件の反映であると考えられることができよう。またイネは南方原産とみとめられているが，現在その栽培はひろく，南方から北方にわたつており，いくつかの種，および多数の地方品種が存在する。このようなばあい，やはり一般的な傾向として北方栽培種は南方のものよりも発芽温度が低くなつていることが，岡（1954）の資料よりうかがわれる。これは原産地の条件を反映した発芽温度が，その種の分布がひろがるとともに，各地に適応して変化しうるものであり，この変化の要因となるのは，同様に栽培地の気候条件であることを示しているようである。このばあい特に温度条件が重要であると考えられる。

北方適応形ができる過程にはもちろん種々の要因が働いていることはうたがいないが，上述の事実から発芽温度を変化させる条件の解明は，北方適応形が成立する過程をさぐるためにも，またこのような品種を育成するためにも役立つ資料を与えるにちがいない。

このばあい，種子の休眠性の問題がからんでくる。種子の発芽温度と休眠性の間には密接な関係があり，種子の発芽温度は休眠性が存在するばあいと，これが破れたばあいで異なることが知られている。すなわち木本類において，休眠打破によつて低温で発芽可能となつた多数の例が報告されており（CROCKER, 1948；CROCKER & BARTOM, 1953），またTHORNTON（1936）は，チシャの収穫したばかりの種子は光の下では26 C°以下で，暗黒では20°C以下でしか発芽しないが，適当な処理によつて休眠を破ると，明暗いずれの条件でも発芽が良好となり，35°Cでも良く発芽できることを報告している。したがつて種子がどのような休眠性を示すか，それが種子の発芽をどのように制約しているかが問題となる。

アスパラガス種子は発芽温度が高く，15°Cでは発芽が悪く，前報（小餅，1956）の結果では7.5%しか発芽していない。しかるに低温処理を行つた種子では15°Cでも最適発芽温度の30°Cと

* 作物部園芸作物研究室

変らないほど良く発芽した。アスパラガスは一種の休眠種子で，この低温発芽性の増大は低温処理による休眠打破によつてもたらされたものである。

第1報にひき続き，アスパラガス種子の休眠性についてさらに調査をすすめ，発芽温度変化の面から問題をとらえるために実験を行つたが，ここにその結果を報告する。

實験結果

実験は 1955～1956 年に行つたが，第 1，2，5 表に示した実験には 1955 年度採種の種子を用い，他はすべて 1954 年度採種のものを用いた。品種はいずれも "Mary Washington" で 1955 年度のみ隔離採種を行つた。発芽試験はリーベンベルヒ発芽試験器を用い，各処理すべて 50 粒 4 反復行い，その平均をとつた。

1. 種子の休眠性

採種後の種子の休眠性を調査したのが第 1，2 表で，発芽温度は前報のように高温では休眠性があまり明らかでないので，15 °C を主として用いた。

第 1 表　採種株による種子発芽率の差

Table 1　The different germinating abilities between seeds from different individuals. (Germination at 15 °C)

採種株番号	発芽率（15 °C）			
	5 日目	10 日目	15 日目	20 日目
M 1	21.5	52.5	68.5	74.5
M 4	26.5	40.0	47.5	48.0
M 6	26.0	39.5	45.5	47.5
M 9	1.5	7.5	10.5	12.5
M 15	26.5	44.5	56.0	57.0

第 2 表　採種後の発芽率の変化

Table 2　The changes of germinating ability after harvest.

発芽温度	調査日	採種直後	乾燥直後	乾燥1箇月後	乾燥2箇月後
30 °C	5 日目	73.2	45.6	26.4	54.0
	20日目	90.4	82.0	81.6	84.0
15 °C	5 日目	1.2	1.6	13.2	15.5
	20日目	52.0	21.2	41.6	51.0
		同上後 30 日低温処理			
30 °C	5 日目	100.0	49.5	82.5	-
	20日目	100.0	95.5	99.0	-
15 °C	5 日目	95.5	70.0	66.0	-
	20日目	99.5	99.5	98.5	-

註：乾燥種子はいずれも 30 °C で 48 時間浸水後，発芽試験あるいは低温処理に用いた。

採種直後の種子の発芽力は採種株によつて差がみられ 20 日後の発芽率では 12.5～74.5 % のふれがあつた（第 1 表）。これが種子の休眠性の差によるものであることは，第 2 表から明らかである。すなわち採種直後の種子に 30 日間低温処理（0～5°C）したばあい，発芽温度 30 °C，15 °C でともに発芽力が増大し，採種直後の膨潤種子においてすでに休眠性（第一次の）が存在することがみとめられた。この種子を温室のベツト上で 12 日間風乾し，充分に乾燥した直後の発芽力は，採種直後よりも低くなつており，乾燥によつて休眠性が強まることが知られた。そして乾燥貯蔵が続くにつれてふたたび発芽力が回復している。

乾燥中に休眠度が増大することには種皮が関係していることが予想された。すなわち乾燥するにつれて種皮が緊密になり，硬化して酸素の種子内への透過をさまたげ，これが休眠を起す原因となることが考えられたので，アスパラガス種子でも酸素制限が第二次休眠を起すかどうかを確かめるために次の実験を行つた。

種子を 1～6 箇月にわたつて 0～5 °C で低温処理して休眠を破り，これをそのままの膨潤状態で 100 cc のビーカーに入れ，底に炭酸石灰の粉末を入れた真空デシケーターの中においた。デシケーター内の空気を吸引した後，蓋に装置した分溜濾斗から硫酸を流しこみ，炭酸石灰を反応させてデシケーター内に炭酸ガスを発生させ，器内に充満し，余分のガスを水中を通つて排出し，器内の炭酸ガス圧を 1 気圧とした。このようにして 10，20 日処理した種子の発芽率は第 3 表のとおりで

第 3 表　CO_2処理による種子の発芽率の変化

Table 3　The secondary dormancy induced by being subjected to carbon dioxide treatments. (Germination at 15 °C)

低温処理月数	発芽率（15 °C）							
	Ⅰ		Ⅱ		Ⅲ		Ⅳ	
	5 日目	20日目	7 日目	20日目	5 日目	20日目	5 日目	20日目
0	0.0	74.0	-	-	-	-	-	-
1	88.5	99.5	100.0	100.0	32.5	83.5	85.5	96.5
3	99.0	100.0	96.5	97.5	-	-	-	-
5	97.5	98.5	100.0	100.0	62.0	92.5	89.0	91.5
6	98.5	99.0	98.5	99.5	48.0	91.5	90.0	97.5

Ⅰ：低温処理のみ　Ⅱ：低温処理後 CO_2 10 日処理
Ⅲ：Ⅱと同，20日処理　Ⅳ：Ⅲ後更に低温処理 30 日

あつた。10日で処理の効果はみとめられず，20日処理で発芽力が低下した。この20日処理の種子をさらに30日間低温処理したところ，発芽力が回復するのがみられた。したがつて炭酸ガス処理による発芽力の低下は第二次休眠によるものと考えられる。

種子の働きに関して，種皮が機械的障害として発芽を抑えているかどうかを確かめるために，種子を濃硫酸に10分間浸漬し，種皮を取り去つて発芽試験を行つた。その結果が第4表であるが，これによると5日目の発芽率で無処理では16.5%に対して，種皮を除いたものでは85.5%の高い発芽率を示した。

乾燥中の種子の休眠性の問題と関連して，第1報で提起された処理温度と種子含水量の問題に関して実験を行つたので，これを次にのべよう。

30°Cで5，15，48時間浸水して，風乾種子（0時間浸水）をふくめて種子の含水量を4段階とした。各浸水時間による含水量の増加分は，それぞれ最初の風乾種子重の16.0，30.9，44.6%であつた。これを別々にシャーレに入れ，3種の処理温度（0～5，15，30°C）で10，20，30日間処理した。処理中に2～3日毎にシャーレとも秤量し，重量減少分だけ蒸溜水を加え，処理中の含水量を一定に保つようにした。ただ0～5°C処理の48時間浸水種子だけは，充分に水分を与えて飽和（実験に用いた種子では46%前後）に保つた。発芽試験は15°Cで20日間行い，20，30日処理種子は15°Cで調査終了後，30°Cに移しさらにその後の発芽率を調査した。結果は第5表のとおりである。

0～5°C処理では含水量が高いほど，また処理日数が長いほど発芽が良くなつており，0～5°Cでは休眠の破れる程度は種子の含水量に依存していることがわかる。これに対して15°C処理では15時間浸水種子が最も良いが，このばあいでも対照種子より発芽力は劣ることはないにしろ，ほとんど増大していない。そして含水量の高い48時間浸水種子では明らかに発芽力が低下した。注目すべきことは5時間浸水種子でも発芽力の低下がみられたことであつた。30°C処理も15°C処理とほとんど同傾向であつたが，15時間浸水種子でも30日処理では発芽力が低下し，48時間浸水種子では30日処理後の発芽力の低下は15°C処理よりもいちじるしかつた。さらに5時間浸水種子は20日処理ですでにかなりの発芽力低下を示した。この実験で興味があるのは5時間浸水種子の

第4表　発芽に及ぼす硫酸処理による種皮除去の効果

Table 4　The prompt germination from the removal of seed coats by sulphic acid. (Germination at 15°C)

処理	発芽率（15°C）				
	1日目	2日目	3日目	4日目	5日目
硫酸	43.0	71.5	81.0	84.0	85.5
無処理	0.0	0.0	0.0	5.0	16.5

第5表　種子発芽における処理温度と種子含水量との関係（発芽温度15°C）

Table 5　The relation between treatment temperature and water content of seed on germination. (Germination at 15°C)

処理日数	発芽率調査	処理温度 0～5°C				15°C				30°C			
		種子含水量（浸水時間）											
		0	5	15	48	0	5	15	48	0	5	15	48
10	5日目	0.0	0.0	7.0	49.0	0.0	0.0	0.0	8.0	0.0	0.0	1.5	16.5
	20日目	63.0	58.5	62.5	87.5	53.5	52.5	52.5	30.5	62.5	31.0	55.5	37.0
20	5日目	1.5	2.0	9.0	60.5	1.5	0.0	1.5	8.0	1.0	0.0	9.5	23.5
	20日目	55.0	55.0	64.5	96.5	50.5	47.0	53.5	26.0	47.5	17.0	61.0	34.5
	30°C 5日目	67.0	67.0	64.5	96.5	66.0	65.0	70.5	37.0	66.0	44.0	70.5	39.0
30	5日目	3.0	4.0	14.5	72.0	4.0	0.5	6.5	3.0	6.5	0.0	2.0	1.5
	20日目	47.0	48.5	69.5	99.5	51.5	42.5	55.5	25.0	57.5	16.0	41.5	11.0
	30°C 10日目	70.5	69.5	81.5	99.5	70.0	73.0	81.0	46.0	76.0	53.0	77.0	37.5

高温処理で発芽力が低くなつたことで，48時間浸水種子でみられる発芽力の低下とこれとはおなじ現象であるのかという疑問が生ずる。この手がかりは30°Cの発芽温度に移した後の発芽率の調査からえられる。すなわちこのときの発芽率は5時間浸水種子の方がいずれのばあいも48時間浸水種子よりも高く，対照種子と同程度の発芽率に達している。したがつてこの両者の発芽力の低下はちがう原因をふくんでいることが考えられる。

2. 発芽温度の変化

第1報及び前述の実験において，低温処理が15°Cでの種子の発芽を良好にすることを確かめたが，これは種子の低温発芽性が増大したためであり，結局低温処理によつて発芽温度が低下したにちがいないと考え，15°C以下の低温をも用いて発芽試験を行つた。

すなわち0～5°Cで充分水分を与えて湿潤状態として30，60日処理した種子を5，10，15，20，30°Cで発芽させその発芽状況を調査した。

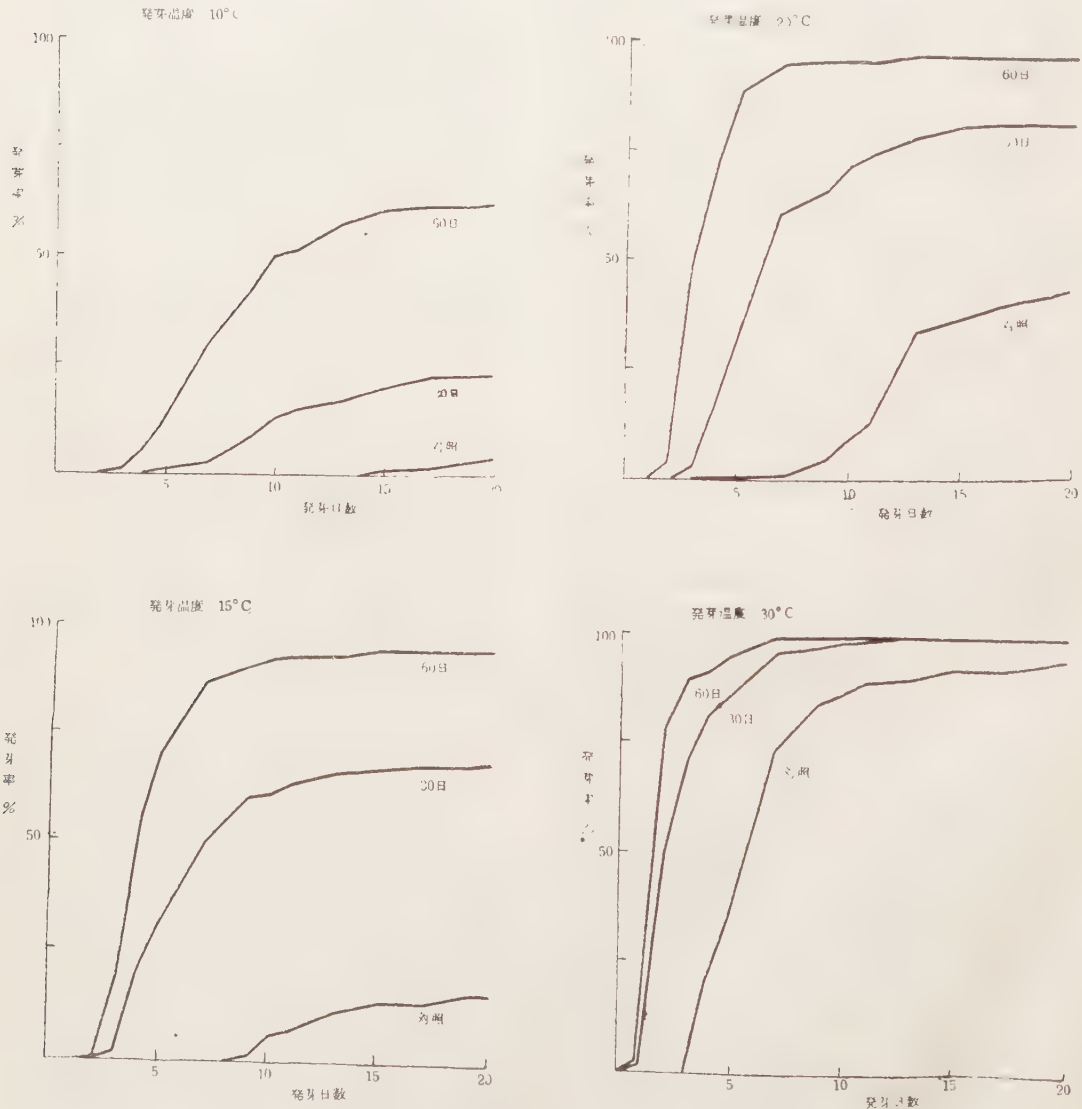
発芽温度10°C以上での結果は第1図のとおりで，どの発芽温度でも処理日数が長いほど発芽勢，発芽率は増大している。特に20°C以下で

第1図　低温処理が各種発芽温度における種子の発芽に及ぼす効果

Fig. 1　The effects of low temperature treatments on germination in various germinating temperature.

効果が大きく，60日処理では10°Cでも60％以上発芽するようになつた。なおこの実験において，5°Cでは60日処理でも20日間の試験期間内に発芽した種子はなかつたが，30日後には30日，60日処理で，それぞれ3.0，2.5％の発芽がみとめられた。また先にのべた炭酸ガス処理に用いた種子は，この実験に用いたと同一材料からとつたものであるが，0〜5°Cの低温処理が4，5，6箇月に達したものでそれぞれ約1,000粒中3，10，60粒の発芽が観察された。したがつて低温処理はアスパラガス種子の低温発芽性をいちじるしく高め，その結果発芽温度を低下し，ついに0〜5°Cでも発芽可能となることが明らかとなつた。

第2図 低温処理の発芽温度に及ぼす効果

Fig. 2 The effects of low temperature treatments on germinating temperature.

発芽温度変化の様子をより良くつかむために，上の資料から20日目の発芽率をとり，処理期間による発芽温度の変化の様子を示すと第2図のようになる。また比例配分法により50％発芽日数と，50％発芽温度を算出すると第6表に示した値になる。これによると最適発芽温度の30°Cにおいて発芽日数は無処理の5.8日から30日処理で2.1日，60日処理では1.6日と短縮され，20，15，10°Cの発芽温度ではいずれも無処理では50％発芽に達しないが，60日処理ではそれぞれ3.0，3.9，10.7日で50％発芽している。50％発芽温度も無処理では21.6°Cときわめて高いが，30，60日処理によつて12.9，9.1°Cと処理日数とともにいちじるしく低下している。

第6表 低温処理による種子の発芽日数及び発芽温度の変化

Table 6 The effects of low temperature treatments on the days required for germination and germinating temperature.

処理日数	各発芽温度における50％発芽日数					50%発芽温度 (°C)
	5°C	10°C	15°C	20°C	30°C	
0	∞* (0.0)	∞ (4.0)	∞ (16.0)	∞ (41.5)	5.8 (93.5)	21.6
30	∞ (0.0)	∞ (23.0)	7.0 (69.0)	6.2 (82.0)	2.1 (99.5)	12.9
60	∞ (0.0)	10.7 (61.5)	3.9 (94.5)	3.0 (98.5)	1.6 (99.5)	9.1

* ∞：20日後の発芽率が50％に達しないもの。
( ) 内の数字は20日後の発芽率を示す。

3. 圃場試験

以上の室内実験とともに1955年圃場試験を行い，圃場における処理の効果を調査した。

処理は第1報における48時間浸水区と同様で，30°Cで48時間浸水後，0〜5°Cの湿潤状態で15日（L15），30日（L30），60日（L60）及び15°Cで15日（H15），30日（H30）温度処理し，対照として浸水のみの種子を用いた。発芽時の温度条件を変えるために4月21日，5月7日，5月21日の3期に播種した。試験区は分割区試験法にしたがい，主試験区として播種期をとり3反復とし，副試験区に処理をとつた。処理区は慣行法より広く，畦幅3尺，5間の畦に3粒宛5寸間隔に播種し，発芽調査後間引いて1株宛残し1畦60株とした。肥料は標準施肥法により反当堆肥600貫，魚粕6貫，過燐酸石灰5貫の割合で，堆肥は圃場全面に撒布，他は畦毎に均等にほどこした。

発芽調査は発芽開始後50％発芽まで行い，生育調査は各処理区の11箇体目から30株だけを用い発芽茎数，草丈，地上部生体重，地下部生体重について行つた。

発芽日数 播種後50％発芽までの日数は，播種期及び処理間に有意差がみとめられた（第7，8表）。

第7表　発芽日数に及ぼす温度処理の効果

Table 7 The effects of temperature treatments on the days required for germination in field conditions.

播種期	50 % 発芽日数							平均	播種後発芽期までの平均地温（°C）	
	処		理							
	H 15	H 30	L 15	L 30	L 60	対照	平均	発芽期	地表	地下 5 cm
4月21日	44.7	43.5	43.6	41.8	39.5	47.9	43.9	6月4日	13.5	9.8
5月7日	36.2	36.2	34.8	34.0	35.0	36.0	35.4	6月11日	16.5	12.5
5月21日	26.2	25.5	25.8	24.0	23.8	25.7	25.2	6月15日	18.5	14.5
平　均	35.7	35.1	34.7	33.3	32.8	36.5	34.8	-	-	-

第8表　発芽日数に関する分散分析

Table 8 Analysis of variance of the days required for germination.

変動因	自由度	平方和	平均平方	F
播種期	2	3038.09	1519.10	57.195**
ブロック	2	104.65	52.33	1.970
誤差	4	106.22	26.56	-
処理	5	92.02	18.40	3.352*
処理×播種期	10	53.39	5.34	0.973
誤差	30	164.65	5.49	-

発芽日数は播種期が早いほど長くなつているが，50％発芽期は4月21日，5月7日，5月21日の各播種期でそれぞれ6月4日，6月11日，6月15日で早播は発芽期を早めた。

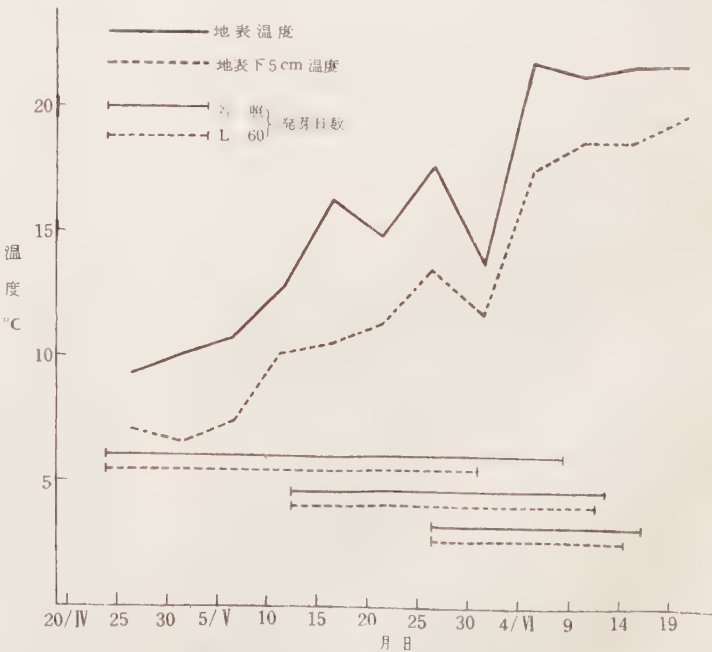
処理温度は15°Cよりも0～5°Cの方が効果的で，処理期間が長いほど発芽日数は短縮された。特に4月21日播種でもつとも大きい効果がみとめられ，L60は対照よりも8.4日はやく50％発芽に達した。5月7日以降の播種では処理間の差は1～2日程度で特に発芽日数を短縮したとはいえない。各播種期による発芽期までの平均地温（地表下5cm，午前10時の地温）は早播順にそれぞれ9.8°，12.5°，14.5°Cであつたが，この播種期によつて処理の効果に差があることは，処理が低温発芽性を増大し，高温では無処理種子でも良く発芽する実験室での結果と並行的であつた。今，発芽期間の地温を考慮してL60と対照種子の発芽日数を比較してみよう。第3図に示した温度は地表と地表下5cmで測定したもの（午前9時）で測定は4月24日から行われ，*) この図では測定始から5日毎の平均温度を用いた。これによると地温は5月8日前後まで低く以後漸増し，5月の終から6月始にかけて一時的に低下し，その後急激に上昇している。4月21日播種のL60は，急激な地温上昇がはじまる前の一時的な低温期に発芽期があり，対照種子の発芽期がこの地温上昇後であつたのときわめて対照的である。した

第3図　地温と発芽日数との関係

Fig. 3 The relation between soil temperature and the days required for germination.

* 測定は本試験圃場と別の地点で，農業物理部農業気象研究室が行つたもので，資料を貸与された同研究室に感謝の意を表する。

がつてこのような地温の上昇がおくれるようなばあい，さらに処理間の差が大きくなることが予想される。5月7日，21日播種ではいずれもこの地温上昇後に発芽しており，処理間の差が小さいのはこの地温上昇によるものであることは明らかである。

苗の生育　アスパラガスの生育は，先にできた芽が伸びて茎がある程度生長すると，地下茎から次の新芽が伸長する過程をくり返し，次第に茎長も長く，直径も太い茎を発生するという形で行われる。地下茎が大きくなつて分枝すると各分枝毎にこのような生長が行われ，茎発生の状態は複雑となるが，実生の1年苗ではふつう分枝は起らず，この過程は規則正しく行われる。したがつて一方の株の新芽が充分に伸長しておらず，他の株では完全に伸長しているようなときには，茎数が同じでも前者の草丈が後者よりも低く，地上部重も小さいということがある。また茎数が多くても草丈に差がなく地上部重もあまり変らないということもある。したがつてアスパラガスの生育状態は，各特性を関連させて論ずることが必要である。

地上部の生育調査は9月29日に5月21日播種の全部と4月21日播種の2ブロックについて行い，雨のため中断して10月3日に残り全部を終つた。この時期はすでに低温期に入つて苗の生育はほとんど進まないので，この調査日の差は結果に大きな影響を及ぼしたとは考えられない。

地下部重は翌春（1956年）生長を始める前の4月12，13日に測定したが，定植を考慮して根についた土は完全に洗い落さずたたき落しただけであつた。

第9，10表に生育調査と分散分析の結果を示し

第9表　苗の生育に及ぼす温度処理の効果

Table 9　The effects of temperature treatments on the growth of seedlings.

特性	播種期	処理 H 15	H 30	L 15	L 30	L 60	対照	平均
茎数	4月21日	8.9	8.2	9.0	9.0	9.2	8.0	8.7
	5月7日	8.0	8.4	7.8	8.0	7.9	8.1	8.0
	5月21日	6.9	6.7	6.7	6.6	6.6	6.5	6.7
	平均	7.9	7.8	7.8	7.9	7.9	7.5	7.8
草丈 (cm)	4月21日	63.7	52.8	62.7	63.2	61.3	56.8	60.1
	5月7日	59.5	58.3	60.8	60.8	59.1	57.1	59.3
	5月21日	48.4	40.1	51.2	50.4	50.0	49.0	48.2
	平均	57.2	50.4	58.2	58.1	56.8	54.3	55.9
地上部重 (g)	4月21日	32.9	27.7	41.0	37.8	37.8	28.5	33.7
	5月7日	36.7	33.5	31.5	37.2	36.9	33.9	34.7
	5月21日	17.5	14.5	19.9	18.4	21.7	17.9	18.3
	平均	29.0	25.2	30.8	31.1	32.1	26.8	28.9
地下部重 (g)	4月21日	43.8	37.3	49.6	53.0	54.4	45.2	47.2
	5月7日	43.2	47.0	48.8	48.0	50.3	45.6	47.2
	5月21日	29.9	24.2	31.3	33.8	36.1	31.3	31.1
	平均	39.0	36.2	43.2	44.9	46.9	40.7	41.8

第10表　苗の生育に関する分散分析

Table 10　Analysis of variance for the growth of seedlings.

特性	変動因	自由度	平方和	平均平方	F
茎数	播種期	2	39.50	19.75	8.662*
	ブロック	2	1.29	0.65	0.285
	誤差	4	9.13	2.28	–
	処理	5	0.90	0.18	0.030
	処理×播種期	10	3.61	0.36	0.060
	誤差	30	18.10	0.60	–

特性	変動因	自由度	平方和	平均平方	F
草丈	播種期	2	1591.08	795.54	19.028**
	ブロック	2	49.04	24.52	0.586
	誤差	4	167.25	41.81	-
	処理	5	413.51	82.70	4.181**
	処理×播種期	10	153.13	15.31	0.774
	誤差	30	593.46	19.78	-
地上部重	播種期	2	3093.29	1546.65	9.107*
	ブロック	2	487.61	243.81	1.436
	誤差	4	679.33	169.84	-
	処理	5	415.95	83.19	2.545*
	処理×播種期	10	355.20	35.52	1.866
	誤差	30	980.87	32.69	-
地下部重	播種期	2	3114.84	1557.42	53.336**
	ブロック	2	196.54	98.27	3.365
	誤差	4	116.79	29.20	-
	処理	5	716.44	143.29	6.612**
	処理×播種期	10	238.19	23.82	1.099
	誤差	30	650.14	21.67	-

たが，この表には3反復の平均だけを示し，分散分析は各区30株の平均値を用いて行つた。

茎数では処理間に有意差はみとめられなかつたが，4月21日播種では処理によつて茎数が増加したようである。しかしこの増加は処理の直接的効果ではなく，発芽期が早まつたための間接的効果とも考えられる。茎数に対し，草丈，地上部重，地下部重はともに処理間に有意差がみとめられた。H30は発芽日数では4月21日播種のばあいだけいくらか短縮したが苗の生育では茎数を除き，草丈，地上部重，地下部重ともに対照に劣り，この処理では苗の生育を害し，細い茎を発生する傾向があることがみとめられた。0～5°C処理は一般に草丈，地上部重，地下部重が対照にまさり，処理が低温発芽性ばかりでなく苗の生育にも良い結果を及ぼすことが明らかであつた。ここで5月の播種期では発芽期にほとんど差がないにもかかわらず，草丈，特に地上部，地下部重がともに増大していることは，処理の直接的効果として胚の生長力を高めたことが考えられる。そして全体としてL60がもつとも効果的であつた。H15は4月21日播種で効果があるようであるが，茎数増加の割に地上部重が増大しておらず，地下部重も対照と差がなく優良な苗とはいえない。また5月21日播種でも同様の傾向があり，5月7日播種でも地下部重では対照より悪くこの処理が有効とはみとめ難い。

播種期の間には各特性においてともに有意差があつたが，これは5月21日播種では生育度が低いことによる。4月21日播種と5月7日播種の間では平均的にみると茎数を除き差はみとめられなかつた。前述したように各播種期での平均発芽期は，6月4日，6月11日，6月15日で，4月21日と5月7日播種の間には7日の生育期間の差があり，5月7日と5月21日播種の間の4日よりも長く，しかも次表のようにこの間の平均気温も高い。したがつて，5月7日と5月21日播種の間では

期間	6月4日～10日	6月11日～14日
平均気温	22.9°C	18.5°C

生育に大きな差があるのに，4月21日と5月7日播種の間では差がないのは，生育期間とその間の温度によつては説明できない。これは地中発芽後，地上に芽を出すまでの間の温度と生長との関係に問題があるようであるが，今のところ単なる推測にすぎない。なお処理別にみると対照も15°C処理では4月21日と5月7日播種で差がなく，H30ではむしろ早播で悪くなつているが，0～5°C処理では4月21日播種の方がやはり生育がすすむ傾向がみられた。

考察

アスパラガス種子の休眠性には次の三つの因子が考えられる。第1に機械的障害としての種皮の役割である。これは硫酸処理をして種皮を取り去

つたときに容易に発芽することから明らかである。種皮を除いたばあい 15°C でもすぐ発芽できるということは，休眠性が種皮の硬さだけによるということを意味しない。すなわち採種直後の膨潤種子と，乾燥後ふたたび膨潤した種子ではすでに発芽力に差があり，これは種皮の硬さの差ではなく，胚の生長力の差を示すもので，第2の因子として考えられる採種後の乾燥中に起る第二次休眠によるものである。第二次休眠が湿潤高温状態で酸素制限の下でひき起されることが知られているが（DAVIS, 1930；THORNTON, 1935）アスパラガス種子でも炭酸ガス処理によつて第二次休眠も起つている。DAVIS は *Ambrosia, Xanthium* で第二次休眠を起すためにある程度酸素が必要であるとのべているが，THORNTON は *Xanthium* で無酸素状態で炭酸ガス処理によつても第二次休眠を起している。一般に第二次休眠は吸水した種子が発芽に不適当な条件におかれるとひき起され（CROCKER & BARTON 前出），アスパラガス種子の採種後乾燥中に起る第二次休眠は，炭酸ガス処理による実験結果から考えて，乾燥中の種皮硬化による酸素透過の制限が原因であると思われる。この第二次休眠は採種直後の膨潤種子では存在しないにもかかわらず，採種直後の種子を低温処理することによつて発芽力が増大した。また乾燥貯蔵によつて発芽力が回復した種子でも低温処理によつてかならずいつそう発芽力が高まる。このことはアスパラガス種子の休眠性にはさらに第3の因子として，種子の成熟までに形成される第一次休眠がふくまれることを示す。低温処理した種子がふつうでは発芽しない 0〜5°C でも発芽するようになること，高温時に播種された低温処理種子が発芽期はほとんど変らぬのに，無処理種子よりも良好な生育を示すことが，この第一次休眠が胚に関係あることを予想させる。この第一次休眠は個体によつて差があり，遺伝的にも差があることが考えられるが，いかなる条件でこれが形成されるのか，第二次休眠と同じような条件で起るのかはまだ不明である。

以上のようにアスパラガス種子の休眠性に三つの因子が関与しているが休眠性を破るためにはこれらの因子を除かなければならない。硫酸処理は種皮の機械的役割だけを除くことができる。浸水処理によつて発芽力が高まることが BORTHWICK（1925）によつて報告され，筆者の結果（第1報）もこれに一致した。これは次にのべるような高温の作用によつて胚の休眠の一部を破ることができたためと思われるが，きわめて限られている。高温処理の効果は複雑である。第5表に示した実験によつて，高温処理ではいくつもの過程が同時に進むことがみとめられる。すなわち種子の含水量が少ないとき（5時間浸水）にも多いとき（48時間浸水）にもともに 15°C での発芽力は低下したが，30°C に移したときの発芽率では前者が対照と同程度であるのに対して，後者ではこれに及ばなかつた。これは5時間浸水種子の発芽力の低下は第二次休眠による可逆的な変化であるのに対して，45時間浸水種子のばあいは不可逆的に胚が害されたためと考えられる。圃場実験において48時間浸水 15°C 処理と同一状態の H30 が対照よりも明らかに生育が悪いことが不可逆的な胚に対する害作用を示す根拠となる。また15時間浸水種子ではある程度発芽力をたもち，一時的に増大すらしたが，これは高温でも休眠性を破る過程も進むことを示している。したがつて高温は休眠を起す条件でもあり，これを破る条件でもあり，また不可逆的に胚を害する条件でもある。そして酸素量，水分量によつてこの三つの過程がいろいろの強さで起り，その複合された結果が第5表のように現われたものと思われる。高温で種子が安定した発芽力をたもつのは乾燥状態においてだけであり，多少とも吸水したばあいは結局発芽力が害されて休眠性を完全に破ることは実現されない。乾燥種子では貯蔵中に休眠性がゆつくりではあるが破られる。しかしこのばあいも第一次休眠まで完全に破るかどうかは疑問であり，その前に不可逆的に発芽力が害されて種子の寿命を終ることが予想される。

急速にそして完全に第一次休眠まで破る方法は低温処理である。低温では酸素量，水分量の制限も逆の過程を起す原因とはならない。

アスパラガス種子はその休眠性によつて，生長初期の条件として低温を必要とする。低温処理してこの条件をみたしてやることによつて，アスパラガス種子は発芽温度を低下し 0〜5°C でも発芽できるようになる。この低温発芽性はアスパラガス種子にとつて本質的なもので低温処理はこれを

媒介しただけにすぎないと考えられる。すなわち低温処理によつて発芽力が増大し，また胚の生長力をも高め発芽後の生育をさかんにした。このようなことは低温処理がアスパラガス種子にとつて，その生育初期に異常な条件ではなく，正に必要な条件であることを示している。この点が後に発表する予定の高温性作物であるナス種子と明らかにちがつている。したがつてアスパラガス種子の高温性は見かけ上のものであり，本質的にこれは低温発芽性をもつた種子とみなしてよい。De Candolle, Vavilov 等の研究によれば，アスパラガスは温帯ヨーロッパ，あるいは西部アジア原産とされており（Hill, 1937），この見かけ上の種子の高温性は，低温処理によつて破られる休眠性を示す多くの温帯性植物のばあいと同様，温帯の気候条件に適応して発達した休眠性によつて二次的につくられたものと考えることができよう。

以上の実験及び考察によつて，アスパラガスが高温でなければふつう発芽しにくい，南方性作物と似たような現象を示しながら，北海道各地，道南地方はもとより，道北の稚内，湧別等の寒冷地においてさえ広く栽培され，越冬できる背景が理解される。

要　　　約

1．アスパラガス種子の休眠性と，その発芽温度に対する関係について実験を行い，次の結果をえた。

a）休眠度は採種株によつて差があつた。

b）採種直後の種子で第一次休眠がみとめられ，乾燥中にその休眠度が深まり，乾燥貯蔵を続けるとある程度休眠が破れた。

c）炭酸ガス処理によつて第二次休眠がひき起された。

d）硫酸処理による種皮除去によつて発芽が促進された。

e）低温（0～5°C）では種子含水量の増大とともに処理の効果は高まつたが，高温（15°，30°C）処理では含水量が低いときには第二次休眠が起り，高いときには不可逆的に胚が害された。また適当な含水量のときには処理期間が短かければ発芽力が増大したが，長くなると結局発芽力が害された。

f）低温処理によつて低温発芽性が増大し，0～5°C でも発芽可能となり，発芽日数も短縮した。

g）圃場実験においても低温処理によつて発芽日数が短縮し，特に地温の低いばあいに効果が大きかつた。苗の生産も良好となり，草丈，地上部重，地下部重が増大した。これに対し 15°C 処理では処理期間が長くなるとともに生育が不良となつた。

2．以上の結果から，アスパラガス種子は本質的に低温発芽能力をもち，種子成熟までに形成される第一次休眠，採種後乾燥中にひき起される第二次休眠，種皮の機械的障害等が関与している休眠性によつて，見かけ上の高温発芽性を示すのであり，アスパラガスはその原産地を反映した温帯適応形のものであると結論した。

終りに本実験を行うに当り種々の助言と，適切な批判を与えられた早瀬広司技官に深く感謝する。

文　　　献

1）Borthwick, H.A.: Factors influencing the rate of germination of the seeds of *Asparagus officinalis*. Calif. Agr. Exp. Sta. Tech. Paper 18: 1925.

2）Crocker, W.: Growth of plants. Twenty years research at Boyce Thompson Institute. Reinhold Publ. Corp., New York, 1948.

3）Crocker, W. and Barton, L. V.: Physiology of seeds. Chronica Botanica Co., Waltham, Mass., 1953.

4）Davis, W.E.: Primary dormancy after-ripening, and development of secondary dormancy in embryos of *Ambrosia trifida*., Amer. Jour. Bot. 17: 58～76, 1930.

5）Hill, A.F.: Economic Botany. McGraw-Hill Book Co., New York, 1937.

6）小餅昭二：種子の温度処理に関する研究，第1報．アスパラガス種子の発芽に及ぼす温度処理の効果，北農試彙報 70号：42～49，1956.

7）岡彦一：稲種子の発芽最低温度と温度恒数の品種間変異—栽培稲の系統発生的分化（第5報），育種学雑誌 4：140～144，1954.

8）Thornton, N.C.: Factors influencing germination and development of dormancy in cocklebur seeds. Contrib. Boyce Thompson Inst. 7: 477～496, 1935.

9) THORNTON, N.C. : Carbon dioxide storage IX. Germination of lettuce seeds at high temperature in both light and darkness. ibidem 8 : 25~40, 1936.

Résumé

Dormancy and germinating temperature are the most important among the ecological characters of seeds. It is noticeable that in cultivated plants of northern or temperate origin the germinating temperature of the seeds is generally lower than in those of tropical or subtropical origin. This tendency seems to be also observable in plants belonging to one and the same genus, e. g. rice. Consequently for the creation of northern forms from the southern varieties it may be useful to make a study of the conditions under which germinating temperature of seeds may be altered. It is known that the dormancy of seeds influences the germinating temperature in a manner of restricting the germinating ability of seeds.

Based on the idea mentioned above the author made further studies on temperature treatments of garden asparagus seeds with the following results.

a) There is a difference in germinating ability in seeds from different individuals.

b) Dormancy was recognized in seeds just after harvest; it was intensified by drying. This dormancy was then weakened to some extent by storage in dry conditions.

c) The secondary dormancy was induced by subjecting the seeds to carbon dioxide treatment, i. e. lack of oxygen, for twenty days under wet conditions.

d) Prompt germination resulted from removal of seed coats by ten minutes of sulphic acid treatment.

e) In the case of low temperature (0~5°C) treatments their effects raised gradually with the increase of water content in seeds. On the other hand higher temperature (15, 30°C) treatments caused the secondary dormancy when water content was low. When the suitable water content was given and the period of treatments was short, the germinating ability increased more or less even in high temperature treatments. But when the period of treatment was long the germinating ability decreased.

f) Low temperature treatments broke dormancy and increased the germinating ability in low temperature. Thus the seeds treated for four months or more began to germinate even at 0~5°C and the number of days required for germination was reduced.

g) Also in field conditions the number of days required for germination was reduced by low temperature treatments and the growth of seedlings from treated seeds was more vigorous than from untreated.

From the results noted above the following conclusions were reached :

1) Three factors are concerned with the dormancy of asparagus seeds : a) The primary dormancy formed previous to maturation of seeds, b) the secondary dormancy caused during drying period of seed, and c) the mechanical hardiness of seed coats.

2) Asparagus seeds have potentially an ability to germinate at low temperature, but they have an apparent requirement of high temperature for germination, being connected with the dormancy which is broken by the low temperature treatments.

玉葱「札幌黄」の栄養繁殖†

花　岡　　保*

VEGETATIVE PROPAGATION OF "SAPPORO-KI" ONION

By Tamotu HANAOKA

1. 緒　　　言

玉葱の系統に関する試験を実施中にたまたま雄性不稔株が認められたので，これらの個体維持，並びに繁殖上の参考に資するため，栄養繁殖につき調査した。玉葱のこの種の研究は，JONES[3)4)]等の観察や短日品種における知見，ANDREW[1)]のHeadset-method による研究があるが，また百合類における生長物質の処理による仔球の形成[2)11)]についても報ぜられている。

著者はガラス室内に玉葱をポット栽培した場合に，花球の一部に Headset の形成を認めたが，更に札幌附近における実際圃場においても虫害などに原因すると思われる仔球形成が見られその頻度は必ずしも僅少とは思われない。

実験は主として Headset-method 並びに生長物質処理による仔球の形成，発育，貯蔵性，次代作物の生育などにつき行い，若干の成績が得られたのでここに報告する。

2. 實験方法並びに經過

処理の方法はいわゆる Headset-method[1)] を用い花球内の小花梗を鋭利な手鋏を以て切除することとした。実験材料は前年当場で栽培後母球貯蔵を行い，早春標準耕種法で植付した「札幌黄」の採種用株を用い，できる限り花球は整一なものを選択し供用した。

實験 I　切除方法と仔球形成に関する実験

切除方法は次の方法を用いて比較した。

A　花球を水平に切除
B　小花梗を 0.5～1 mm 残して切除
C　小花梗を 1.5 mm 以上残して切除
D　Bの処理後袋掛けする

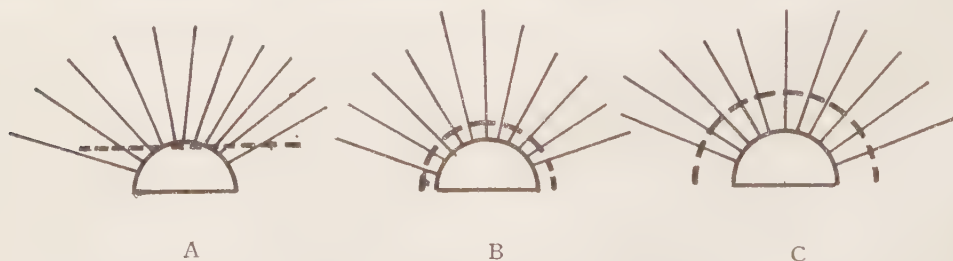
以上を図示すると第1図のとおりである。

第1図　切除処理の方法

Fig. 1　The methods of clipping off of the inflorescence used in experiment 1.

切除の時期は小花の1部が総苞裂開後露出し始めた頃に行い，1953年は6月27日から7月6日，1954年は6月23日から7月3日までの間に小鋏を以て小花梗の切断を行つた。

實験 II　処理時期と仔球の形成に関する実験

処理の時期は6月下旬から7月初にわたり，花球の発育の程度を次の5段階に分けて処理し，切断方法は実験 I におけるB法を採用した。

a　総苞が現われまだ緑色の時期
b　aとcの中間の時期
c　総苞が開く直前
d　小花の半分が外に出た時期
e　全小花が外に出た時期

† 本報の一部は昭和30年度札幌農林学会講演会において発表した。
* 作物部園芸作物研究室

實驗Ⅲ　植物生長物質の噴霧と仔球の形成に関する実験

c，d，期即ち総苞が開く直前から小花の半分が外に出た時期にわたり，小花梗基部 0.5～1 mm を残して切除し（B法），後各種の植物生長物質の溶液を噴霧し仔球形成との関係を調査した。使用薬剤及び濃度等は次の通りである。

1953 年度

1．α-Naphthalene acetic acid 50 ppm
2．β-indole acetic acid 50 ppm
3．蒸　溜　水

1954 年度

1．Tomafix（β-naphthoxy acetic acid ナトリウム塩 0.5％，2-4- dichlorophenoxy acetic acid ナトリウム塩 0.025％）100 倍液
2．TIB.（2-3-5 Tri-iodobenzolic acid を主成分とする）2000 倍液
3．Maleic hydrazide（MH.）3000 ppm
4．蒸　溜　水

1955 年度

1．TIB 2000 倍区　　5．蒸溜水処理区
2．TIB 1 万倍区　　6．無 処 理 区
3．TIB 5 [illegible]　　7．トマトトーン 25[illegible]
4．TIB 20 万倍区　　8．トマトトーン 50 倍区

實驗Ⅳ　Headset の貯蔵に関する実験

1954 年に Headset-method により形成せられた仔球を供用し，仔球の横径により大球（径 2.4～1.8 mm），中球（径 1.7～1.2 mm），及び小球（径 1.1 mm 以下）に分け（第 2 図），次の異つた 4 貯蔵条件の下に 10 月中旬から貯蔵を行つた。貯蔵は 4 月 15 日まで継続し調査後打切つたが，参考のため Onion set も供用し比較した。

第 2 図　貯蔵試験に供用した Headset のサイズ

Fig. 2 The three size of headsets used in experiment 4, were from left to right.
a : small size sets,　b : medium size sets,
c : large size sets.

A　常温乾燥区　アドゾールを入れたガラス瓶内に保存
B　常　温　区　ガラス瓶（ふたなし）に保存
C　低温乾燥区　Aに同じ
D　低　温　区　Bに同じ

なお実験期間中における毎日の気温平均は次の通りである。

区　別	最高温度（°C）	最低温度（°C）	平均温度（°C）
常　温　区	9.5	−2.0	[illegible]
低　温　区	3.0	−2.1	0.6

實驗Ⅴ　Headset の翌年における生育に関する実験

実驗Ⅳにおいて保存した球につき 1955 年 4 月下旬 Onion set の標準耕種法により下種，栽植を行い生育状況につき観察調査を行つた。生育は順調に行われ，8 月下旬収穫を終つた。

3．實驗成績並びに考察

1）小花梗の切除方法と仔球の形成

小花梗の切除は第 1 図のように各種の方法を試みたが，結果は第 1 表に示すとおりである。

第 1 表　切除方法と仔球の形成

Table 1 The effect of the method of clipping off of the inflorescence on the development of the headset.

区別	1953年 形成率（%）	1954年 形成率（%）	8 月 12 [illegible] 10[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	10 月中旬 [illegible]
1．A	53.9	80.0	30	8.0	5.9	20.0	4.0	20.0	10
2．B	75.0	80.0	47	11.5	9.2	30.0	8.6	40.0	12
3．C	-	20.0	7	2.2	1.[illegible]	0	0	0	[illegible]
4．D	33.3	-	-	-	-	-	-	-	-

同表によれば 1953，1954 両年ともにB区，即ち小花梗を 0.5～1.0 mm 残して比較的短く切除した場合に形成率及び使用可能な仔球数が多くなつた。またA処理においても比較的短く切除した部

第3図 Headset [illegible]

Fig. 3 Some of the variation in types of headsets produced in the experiments. (left: check plot)

分に形成が良かつたので，処理は短截が好結果を来すと考えられる。切除方法と形成球の型については第3図のように種々のものがあり一定の傾向は認められない。なお処理後の袋掛けは特に有効とはいい難いようである。

2） **切除時期と仔球形成**

切除時期と仔球の形成との関係は第2，3表のとおりである。1953年は総苞裂開し，小花が出始めた時期以後が形成率が高かつた。1954年は前年と略同傾向を示し，概して総苞裂開後の処理特に全小花が露出した時期がよかつたが，総苞裂開前もやや良好の成績を示した。

ANDREW[1)]によれば概して発育前期の方が良結果を示したというが，本実験の範囲ではむしろ発育後期の方が良好のように考えられる。恐らく仔球形成に対し処理期は極端な早，又は晩期を除き高い関与を持たないのではないかと推察される。

第2表 処理時期と仔球の形成 （1953）

Table 2 The effect of stage of development of the onion inflorescence at time of treatment on the headset production. (1953)

区別＼項目	仔球形成率 (%)	仔球 長さ (mm)	仔球 幅 (mm)	仔球 数	仔球が着生した花球の小花 長さ (mm)	仔球が着生した花球の小花 数	[illegible]の小花 長さ (mm)	[illegible]の小花 [illegible]
1. a	0	–	–	–	–	–	–	–
2. c	0	–	–	–	–	–	–	–
3. d	40.0	11.1	8.6	9.3	55.8	60.0	51.6	121.2
4. e	40.0	12.9	5.8	8.8	24.5	33.0	37.0	102.5

第3表 処理時期と仔球の形成 （1954）

Table 3 The effect of stage of development of the onion inflorescence at time of treatment on the headset production. (1954)

区別＼項目	8月12日における仔球						10月中旬における使用可能仔球	
	形成率 (%)	10花球当り数	最大球の縦径 mm	同横径 mm	発芽率 (%)	同芽長 mm	花球率 (%)	10花球当り数
1. a	30.0	2.3	3.7	2.7	10.0	1.5	30.0	6
2. b	90.0	10.3	12.1	9.3	50.0	11.3	60.0	27
3. c	60.0	6.2	7.4	5.5	20.0	1.8	40.0	23
4. d	70.0	6.2	10.4	7.9	20.0	3.2	50.0	13
5. e	90.0	12.8	11.8	9.9	50.0	12.3	60.0	54

3） **植物生長物質と仔球形成**

総苞が開く直前から小花の半分が外に出た時期に，小花梗の基部0.5～1 mm を残して切除した後，各種生長物質溶液を噴霧した場合の結果は第4，5及び6表に示すとおりである。第4表は1953

第4表 植物生長物質の噴霧と仔球の形成

Table 4 The effect of certain growth regulators on the development of the headsets. (1953)

薬剤別＼項目	[illegible] %	10花球当り仔球数	最大仔球 [illegible] (cm)	最大仔球 幅 (cm)
1. α-naphthalene acetic acid 50 ppm	10.0	30	1.20	0.70
2. β-indole acetic acid 50ppm	10.0	10	0.50	0.20
3. 蒸溜水	30.0	87	1.47	1.05

第5表 植物生長物質の噴霧と仔球の形成

Table 5 The effect of certain growth regulators on the development of the headsets. (1954)

薬剤別＼項目	8月15日における		8月12日における				[illegible]可能球	
	形成率 (%)	10花球当り仔球数	形成率 (%)	10花球当り仔球数	最大球横径 (mm)	発芽率 (%)	率 (%)	10花球当り仔球数
1. Tomafix 100倍	70.0	77	70.0	83	7.8	60.0	60.0	19
2. TIB 2000倍	80.0	113	80.0	135	10.4	60.0	80.0	55
3. MH3000ppm	0	–	–	–	–	–	–	–
4. 蒸溜水	80.0	93	100.0	108	9.1	20.0	60.0	43

第6表　植物生長物質の噴霧と仔球の形成

Table 6　The effect of certain growth regulators on the development of the headsets. (1955)

番号	項目 区別	7月22日[illegible] 形成率(%)	7月22日[illegible] 中球以上の率(%)	[illegible]（8月25日[illegible]） 形成率(%)	[illegible]（8月25日[illegible]） 10仔球付球重(g)	[illegible]（9月10日[illegible]） 10仔球付球重(g)	同仔球数	10月[illegible] [illegible]当り使用可能球数
1	TIB. 2000 倍 区	60.4	38.8	56.3	24.5	14.1	37.5	12.4
2	〃 1万 倍 区	50.0	39.8	54.1	25.0	13.9	27.3	11.9
3	〃 5万 倍 区	74.4	41.3	79.2	78.5	42.7	70.1	39.0
4	〃 20万 倍 区	85.3	64.7	76.5	71.0	43.6	69.8	32.7
5	蒸溜水処理区	44.1	29.6	49.3	44.0	27.2	37.5	25.0
6	無処理区	60.5	40.4	45.9	30.5	17.4	34.8	20.7
7	トマトトーン 25 倍 区	71.4	48.9	80.0	65.0	24.0	56.6	30.0
8	トマトトーン 50 倍 区	36.8	26.3	57.9	32.0	15.8	36.3	13.2

年, α-naphthalene acetic acid 及び β-indole acetic acid 50 ppm を噴霧した結果であるが仔球の形成に生長物質の関与があつたとは認め難い。1954年には第5表の如く, Tomafix 100倍液, TIB. 2000倍液及び MH 3000 ppm 液を撒布したが MH において形成が抑制され, 他は判然としなかつた。僅かに TIB は良好な仔球歩止を示したので1955年は濃度につきやや詳細に比較を行つたが（第6表）その結果はあまり判然としない。TIB 5万倍乃至20万倍区とトマトトーン25倍区がやや優れたがまだ結論する段階には至らない。

百合類においては生長物質により仔球 (bulbil) の形成が可能であり,[2)11)] 他方 Andrew[1)] は各種生長物質の処理は仔球の形成と特に有意義な関係はないといつている。本成績は Andrew とやや傾向が似ているが, 処理において Beal[2)] は3% indole acetic acid の lanolin 処理を採用した点など方法に差異があり, また TIB は作用も従来の生長物質とはやや異るから更に検討を要する。なお Andrew[1)] は蒸溜水撒布の効果を推論しているがこの傾向は特に認められなかつた。要はこれらよりは, 切除方法などが仔球形成の主な要因として考えられる。

4)　**Headset の貯蔵性**

headset をサイズ別にし, 4つの異つた貯蔵条件下に貯蔵し Onion set と比較調査した成績は第7表のとおりである。Headset は Onin set と貯蔵性がやや類似し, 概して大球と中球に異状は少ないが小球の貯蔵はやや困難である。貯蔵条件

第7表　翌春4月15日における Headset の貯蔵率

Table 7　The effect of the storage conditions on the quality of onions in experiment 4.

区	項目 別	貯蔵率(%) Onion set	貯蔵率(%) Headset	Headset中廃棄した球の内訳 腐敗球率(%)	萠芽球率(%)	発根球率(%)	萎縮率(%)
A 常温乾燥区	1. 大球(径2.4—1.8mm)	76.5	82.6	0	4.3	0	17.4
	2. 中球(1.7—1.2mm)	87.5	57.0	0	0	0	43.0
	3. 小球(1.1 mm以下)	30.0	36.8	0	0	0	63.2
B 常温区	4. 大球(径2.4—1.8mm)	41.1	56.6	13.0	21.7	17.4	30.4
	5. 中球(1.7—1.2mm)	72.5	61.7	2.1	10.6	10.6	36.2
	6. 小球(1.1 mm以下)	53.3	50.0	0	2.6	7.9	50.0
C 低温乾燥区	7. 大球(径2.4—1.8mm)	88.2	69.6	0	0	0	30.4
	8. 中球(1.7—1.2mm)	82.5	61.7	2.1	0	0	36.2
	9. 小球(1.1 mm以下)	26.6	23.7	0	0	0	76.2
D 低温区	10. 大球(径2.4-1.8mm)	82.3	73.9	0	0	0	26.1
	11. 中球(1.7-1.2mm)	62.5	76.6	0	6.4	4.3	23.4
	12. 小球(1.1mm以下)	56.7	47.4	0	2.6	0	52.6

は概ね，低温と乾燥条件が適するようであるが，判然としない点もある。廃棄した球の内訳を比較すると常温区に腐敗，並びに発芽球が多く，湿度の増加に伴い発根及び発芽が多いようである。萎縮率は小球に高くまた乾燥区に多いから小球は乾燥剤を入れないときに貯蔵率が高い。WRIGHT[10]によれば玉葱並びに玉葱仔球の最適貯蔵条件は32° F，湿度 64 %であるといい，また緒方[6]は湿度 40～50 % が貯蔵性を増進するというが比較的，低温，低湿において貯蔵率の高い本成績と傾向が一致するようである。

5) **Headset の翌年における生育**

Headset の次年度における生育については，第8表のとおりである。Onion set においてはサイズが大きくなるに従つて生育初期の葉数多く，球の肥大始，並びに抽薹が速やかな傾向が認められるが headset においては抽薹株は見られなかつた。小球がやや生育が悪い他は略順調な生育を示し，8月下旬に収穫ができた。品質は型に差異はなく首緊りも密で上質であつた（第4図）。

第8表 Headset の翌年における生育状況

Table 8 The results showing the growth habits of headset-plants in the next year.

区	項目	7月24日における 草丈 (cm)	葉数	6月29日における 肥大球率 (%)	[illegible] (月日)	抽薹率 (%) 6月15日	8月22日	8月25日における [illegible] (%)	[illegible] (%)	1球重 (g)
A 常温乾燥区	1. 大球(径2.4—1.8mm)	50.7	8.1	58.3	8. 1	0	0	72.2	61.1	219
	2. 中球(1.7—1.2mm)	54.1	9.1	62.5	8. 2	0	0	78.2	69.5	139
	3. 小球(1.1 mm以下)	49.6	7.4	20.0	7.28	0	0	38.4	38.4	105
B 常温区	4. 大球(径2.4—1.8mm)	47.8	8.7	62.5	7.27	0	0	69.2	61.5	69
	5. 中球(1.7—1.2mm)	53.3	9.2	73.3	8. 3	0	0	65.2	60.9	115
	6. 小球(1.1 mm以下)	51.6	8.5	44.4	8. 2	0	0	44.4	44.4	121
C 低温乾燥区	7. 大球(径2.4—1.8mm)	47.7	6.2	66.7	7.28	0	0	75.0	56.2	133
	8. 中球(1.7—1.2mm)	40.2	6.9	70.5	8. 2	0	0	65.3	61.6	84
	9. 小球(1.1 mm以下)	46.0	7.8	60.0	8. 2	0	0	62.5	62.5	111
D 低温区	10. 大球(径2.4—1.8mm)	42.5	5.6	60.0	7.30	0	0	58.8	41.2	81
	11. 中球(1.7—1.2mm)	32.7	5.6	65.0	7.30	0	0	56.2	43.7	91
	12. 小球(1.1 mm以下)	40.6	6.2	20.0	8.10	0	0	44.4	44.4	98
E Onion set	13. 特大球(2.5 mm以上)	48.7	14.8	97.8	-	91.7	91.7	100.0	0	50
	14. 大球(径2.4—1.8mm)	52.9	8.0	81.8	7.23	16.4	22.9	90.2	76.8	128
	15. 中球(1.7—1.2mm)	51.2	6.7	53.1	7.27	1.4	5.7	70.6	56.6	135
	16. 小球(1.1 mm以下)	54.2	6.9	29.2	8. 2	0	0	44.7	43.3	108

6) **雄性不稔と栄養繁殖**

雄性不稔の確認後，不稔株の維持とともに，栄養繁殖による増殖が必要である。JONES は雄性不稔株[3]を Italian Red (pedigree 13-35) に発見し，この株は bulbil も形成し，増殖も成功したが，別に短日品種[4]において，地域間の気象差を利用して1母球から数球の分球を作り増殖に利用した。わが国では「泉州黄」玉葱において建部[7]，上野[9]，中村[5]らが雄性不稔株につき報じているが，上野[9]は Headset-method により人為的に

第4図 翌年における栽培法の球茎の比較

Fig. 4 The comparison of the onions grown by various culture-methods.
a : the harvested onion grown of headset.
b : the harvested onion grown of seed.
c : the harvested onion grown of onionset.

Top-onion を形成することができたと述べ，中村[5]が玉葱と，これと同種の Top-onion の雄性不稔につき論及している点は興味深い。

ANDREW[1]によれば，仔球形成は品種間差が大のようであるが，本実験の成績からみて「札幌黄」の仔球形成は比較的容易なことが明らかとなり，特に小花梗切除の方法で短く切除することが，留意点と思われる。なお処理期は前期の処理がよく[1]，処理後の花梗部における適湿が効果的である[1]というが，この傾向は特に顕著には認められなかつた。通常は処理後一部小花の発達が見られるが，これは摘除または再処理を行うのがよい。仔球の発育は株の栄養状態，仔球間相互の栄養の争奪などが関与するようであるから，形成された仔球数が多過ぎるときは，摘除により残存球の肥大を促すべきである。

貯蔵並びに翌年における生育は略々順調で，抽薹は認められない。なお今後は，仔球形成後の秋植，ガラス室内栽培における開花，結実の促進など検討すべき点が多いと思われる。

摘　　要

1. 玉葱「札幌黄」に雄性不稔株が認められたので 1953 年から 1955 年にわたり，栄養繁殖につき研究を行つた。

2. 小花梗の切除処理は鋭利な鋏で行うのがよく，その基部 0.5～1.0 mm を残して短く切除した場合に形成率が高く，切除の方法が仔球の形成に最も関与すると思われる。

3. 処理期を花球の発育に従つて検討したが，成績の判然としない点がある。概して小花が総苞から露出し始めた頃から，出揃つた期間が適する。これは従来の結果とはやや異つた。

4. 処理後の生長物質の撒布と仔球形成との関係は判然としない点があり，特に効果的とはいい難いが，実験の範囲内では TIB の 5～20 万倍区が最も形成率が高いようである。

5. 処理後，一部小花の発育が普通に見られるが，これは摘除または再処理を行つた方がよい。

6. 仔球の発育は株の栄養状態，仔球間の栄養の争奪などが関与すると思われる。従つて形成数の多すぎるときは摘除により残存球の肥大はより順調となる。

7. 収穫後充分乾燥させた仔球は，低温，低湿条件下で貯蔵性が高いが，小さい仔球は乾燥剤を用いない方がよい。

8. 翌年の作物の生育はほとんど普通の Onion set と差異が見られない。しかし Onion set はサイズが大になれば抽薹性が高くなるが，Headset に抽薹は全く認められなかつた。

本実験を行うに当り [illegible] 部長吉野宗徳，園芸研究室長宮下揆一両技官に深謝し，併せて協力を得た研究室員堀井保，戸田貢両氏に感謝する。

引　用　文　献

1. ANDREW, W. T. 1951. Vegetative reproduction of onions by the headset method. Proc. Amer. Soc. Hort. Scien. 58：208～212.
2. BEAL, J. M. 1938. Histological responses of three species of Lilium to indoleacetic acid. Bot. Gaz. 99：881～911.
3. JONES, H. A. and S. L. EMSWELLER. 1936. A male-sterile onion. Proc. Amer. Soc. Hort. Scien. 34：582～585.
4. JONES, H. A., B. A. PERRY and W. C. EDMUNDSON. 1949. Vegetative propagation of short-day varieties of onions as an aid in a breeding program. Proc. Amer. Soc. Hort. Scien. 53：367-370.
5. 中村直彦　1954. 玉葱の雄性不稔に関する研究，I. 雄性不稔個体の葯の細胞学的研究，兵庫大学研究報告，1 (2)：118～120.
6. 緒方邦安　1956. 湿度処理がタマネギの休眠と貯蔵性に及ぼす影響．農業及園芸，31 (1)：93～94.
7. ROBERTS, R. H. and B. E. STRUCKMEYER. 1951. Observations of the flowering of onions. Proc. Amer. Soc. Hort. Scien. 58：213～216.
8. 建部民雄　1950　タマネギの雄性不稔の個体．農業及園芸，25 (1)：63.
9. 上野良一　1953　玉葱の雄性不稔に関する研究，園芸試験年報. (昭 27)：283～284.
10. WRIGHT, R. C., J. I. LAURITZEN, and T. M. WHITEMAN. 1935. Influence of storage temperature and humidity on keeping qualities of onion and onion sets. U. S. Dept. of Agr. Tech. Bull. 475：1～37.
11. ZIMMERMAN, P. W. 1941. Growth of plants and formative effects induced with beta-naphthoxy compounds. Natl. Acad. Sci. Proc, 27：381～388.

Résumé

1. In a population of Sapporo-ki onion plants grown at Sapporo, one was found that proved to be completely self sterile. The author studied on the vegetative method of propagation on the male-sterile onion, during the period 1953 to 1955.

2. Treatment consisted of clipping off the inflorescence at the base of the pedicels. When pedicels were trimmed off from 1.0 to 0.5 cm from the tip of the seedstalk, the development of headset appeared to be encouraged. Such results indicate that the method of clipping may provide sufficient stimulus on onions.

3. Application was made at five different stages of inflorescence development. It was not clearly evident that the stage of development of the inflorescence influenced the response to treatment, but it appeared that treatments of later stages were preferable. For sets product it might be not so important a factor as to determine the best treatment of clipping off.

4. The results were not evident to ascertain whether certain growth-regulators would induce headset growth, but, as far as the results obtained in this experiment indicated, the spraying of the inflorescences of onions by a solution of 2.0～0.5 ppm TIB (contained 2-3-5 Tri-iodobenzolic acid) was best.

5. It was desirable to clipp the seedstalk a second time about two or three weeks after the treatment to remove flower buds developing subsequent to treatment.

6. The growth of headsets was influenced by the nutritive condition of the parent plant or by the number of sets and if the headsets developed too many, the thinning of them was a great advantage to the growth of headsets.

7. After harvest and curing for keeping headsets in sound dormant state, the best storage temperature was found to be 0～0.6°C with a low relative humidity; for keeping small sets, a low temperature and medium relative humidity were best.

8. In the succeeding year the onionset and the headset plants grew well and in large set plots the former produced seedstalks, but the latter did not.

笹地更新による牧草地の放牧利用試験

第1報　良好更新区と不良更新区における草生状態，若牛の日中活動，増体重及び草地の総 T. D. N. の生産について†

三 股 正 年　高 野 信 雄*
宮 下 昭 光*　渡 会 　 弘*

GRAZING STUDIES ON SASA-LAND PASTURE IMPROVED BY RENOVATION

I. COMPARISON OF FORAGE PRODUCTION, GRAZING BEHAVIOUR, BODY WEIGHT GAINED AND TOTAL T. D. N. PRODUCTION BY DAIRY HEIFERS ON GOOD OR POOR PASTURES

By Masatoshi MITSUMATA, Nobuo TAKANO,
Akimitsu MIYASHITA and Hiroshi WATARAI

I 緒　　言

現在北海道には 26.5 万町歩の普通牧野と 18.9 万町歩の混牧林を有しているが，これは本邦牧野面積の 61 % を占めている。しかしその実情は大半が笹牧野であり，また永年の不合理な放牧，採草管理によつて荒廃の度が強く，経済効果の低い状態で放任され，畜産の振興上これらの改善は急務とされている。放牧によつて家畜は豊富な紫外線下で自由に運動し，栄養価の高い安価な青草を充分摂取し，良好な体軀育成と経済的生産がなされるものである。しかしその放牧効果も草地の草質，草量によつてかなりの影響を受けるもので WOODWARD (1936), ROSE (1951), HODGSON (1951), COLOVOS (1953), RICHARDS & REID (1953) 及び大原等 (1954) によつて報告されている。本道牧野の大半を占める笹類特にミヤコザサ *Sasa nipponica* MAKINO et SHIBATA, クマイザサ *Sasa paniculata* MAKINO et SHIBATA は牧草類に比較して反当栄養生産量，再生産力及び嗜好性が低く，特に乳牛の放牧には不向きであり，牧草導入による草生改良が望まれている。これらの点から筆者等は 1953 年より笹地における牧草導入法の試験を行い，その更新方法による草生改良状況とともに，家畜の放牧による実際的生産効果について研究を行つたので，その成績を報告する。

本試験遂行にあたり，種々貴重なご助言を賜つた帯広畜産大学大原久友博士，北海道大学広瀬可恒博士に謝意を表すると共に，ご協力を惜しまれなかつた畜産部香月，杉原両技官に感謝の意を表する。

II 試 験 方 法

1．供試圃場 当畜産部 22 号のクマイザサ地帯 1 町歩を使用し，牧草放牧地を造成した。原生の笹地の生育状況は草丈 40～50 cm，密度 $1 m^2$ 当り 150～200 本，反当 370 kg の生草量であつた。土壌は火山灰を母材とする埴壌土で pH 5.2，置換酸度 1.3 %，置換石灰 0.2 %，全窒素 0.5 %，燐酸吸収係数 1000 であつた。

2．笹地の更新法と試験區の設置 笹地の牧草導入は次の如く行つた。(1) 1952 年 10 月笹を刈払い後焼き，(2) トラクター用開拓 101 号で耕起後トラクターデスクハロー 2 回掛け，(3) 1953 年 5 月反当 1.5 人の人夫で表面の笹根を集めて焼き，(4) 施肥を行つて 1953 年 5 月下旬牧草種子を播種，(5) 1953 年は 6 月と 9 月に掃除刈。

試験区は 1 町歩を 5 反ずつの 2 区とし一方を良

† 昭和 30 年日本畜産学会において発表した。
* 畜産部牧野研究室

好更新区として反当厩肥250貫，炭酸石灰50貫，化学肥料6貫の施肥を行い，他方を不良更新区として化学肥料反当3貫のみ施肥した。

牧草播種は両区とも町当赤クロバー6ポンド，チモシー8ポンド，ラデノクロバー4ポンド及びケンタツキーブリユーグラツス2ポンドを播種した。

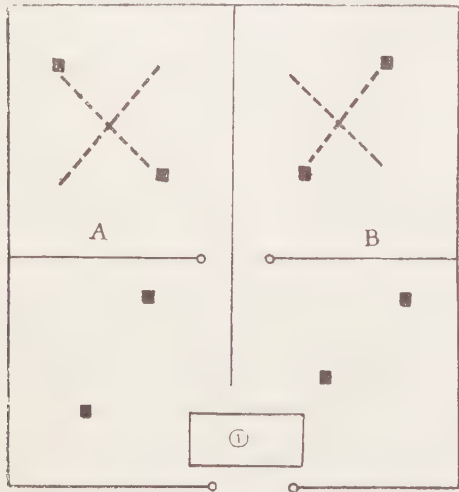
放牧試験施設としては，放牧牛の飲水，乾草採食及び休息のために放牧舎を設置し，更に両区を2区分して放牧用に木柵を作つた（第1図）。

第1図　放牧試験地の状況

Fig. 1　Plan of the experimental area.

①　放牧試験舎
■　Protect cage 設置場所
…　Line interception 測定箇所
A　良好更新区
B　不良更新区

3．**供試牛**　当畜産部繋養中の45頭のホルスタイン牛より未経産牛8頭を選択し，よく近似した2頭ずつを組として4組とし，良好区，不良区における放牧試験に供用した（第1表）。

第1表　供　試　牛

Table 1　Status of dairy heifers tested.

組別	区分	牛名	生年月	試験開始時体重(kg)
1	A	ヘンドリツク　ダビソン	27. 7	448
	B	文月	27. 7	497
2	A	フラワー　グローリー	27. 8	470
	B	ヘンドリツク　ネリー	27. 9	434
3	A	ヘンドリツク　グローリー	27.11	448
	B	鴨月	27.11	366
4	A	アイコール　キヤンデー	28. 7	346
	B	フラワー　キヤンデー	28. 8	346

A；良好区　B；不良区

4．**放牧地の植生調査**　両放牧地に各4箇の1 m³ 金網，鉄筋の Protect cage と固定地点40 mの Line interception 法により調査を行つた。

5．**放牧地管理及び放牧方法**　1954年には両区とも3回の追肥を行つたが，反当良好区21貫，不良区9貫（硫酸アンモニア2：過燐酸石灰3：硫酸加里1の割合）で，また限定された面積での放牧は糞によつて草が汚染され均一な草生の採食がなされないので，BRUNDAGE & PETERSON (1952) の示唆する如く，放牧終了後毎日糞は除去するように努めた。また放牧は1954年6月1日より開始し，9月下旬まで行つたが，その間草勢に応じ休牧した。放牧時間は午前8時より午後4時までの8時間とし，原則として輪換放牧の方法をとつた。試験牛は放牧中，随時放牧試験舎において2番乾草，飲水及び食塩を給与したが乾草採食量を記録した。放牧後は牛舎で1定量の配合飼料を給与した。また放牧開始時及び休牧期に体重を測定した。

6．**日中活動調査**　両区の放牧試験牛について日中の放牧地における採食活動を4型に分類した。1）採食 Grazing，2）反芻 Ruminating，3）休息及び遊歩 Resting and idling，4）乾草採食及び飲水 Hay eating and water drinking，更に HANCOCK (1954) の示す如く採食と反芻の合計を Working time とした。調査は両区8頭について1日8時間，延2日について各試験牛の行動を1分ごとに記録していつた。

7．**草地の総 T. D. N. 生産調査**　両区の総 T. D. N. の測定にあたつては ROSE (1952) の示す方法によつた。即ち町当で放牧牛による延体重維持に要した T. D. N. と放牧中の増体に要した T. D. N. に更に放牧残食の T. D. N. を合計し，これに放牧地外給与飼料中の T. D. N. を差引いたものをもつて表示した。

$$\begin{array}{c}\text{町当}\\\text{T.D.N}\\\text{生産}\\\text{kg.}\end{array}=\left(\begin{array}{c}\text{町当延放}\\\text{牧頭数×}\\\text{平均体重}\\\text{の1日維}\\\text{持に要す}\\\text{るT.D.N}\\\text{kg.}\end{array}\right)+\left(\begin{array}{c}\text{町当放}\\\text{牧期間}\\\text{中増体}\\\text{kg.}\times\\\text{3.53}\end{array}\right)+\left(\begin{array}{c}\text{町当}\\\text{残食}\\\text{草中}\\\text{のT.}\\\text{D.N}\\\text{kg}\end{array}\right)-\left(\begin{array}{c}\text{放牧}\\\text{地外}\\\text{給与}\\\text{飼料}\\\text{のT.}\\\text{D.N}\\\text{kg.}\end{array}\right)$$

8．**1日1頭當りの採食量の測定**　試験牛の1日1頭当り草地から得られた維持及び増体に要する T. D. N. を算出し，放牧中採食した草の単位重量当りの T. D. N. より採食生草量を逆算した。

試験牛1日1頭当りの採食生草量 kg. = 1日1頭当草地よりの採食 T.D.N kg / 採食した草中の T.D.N. %

また採食 D. C. P. は1日1頭当りの採食生草量に放牧中採食草の D. C. P. を乗じ算出した。

9. **飼料分析** 一般法に準じた。

Ⅲ 試験成績

1. 放牧地の植生

(1) Protect cage による植生

両放牧地の Protect cage 内の植生状況については第2表の如くである。良好区は不良区に対し生草量で約3倍を示し，それとともに多汁で蛋白質，カロチン含量の高い良好な草生が示された。

第2表 Protect cage による両放牧地の植生状況及び栄養組成

Table 2 Yields, botanical and chemical composition on the good or poor renovated pastures by protect cages.

刈取月日	反当生草量 (kg)		栄養組成 (無水物中%) 固形量		粗蛋白質		カロチン (mg)		植生状況 (%)		
	良好区	不良区	良好区	不良区	良好区	不良区	良好区	不良区	草種	良好区	不良区
1. 7月4日	3,800	970	17.7	20.7	15.0	14.8	6.99	5.54	荳科草	81.2	70.9
2. 9月7日	1,900	950	16.4	18.4	21.3	18.1	-	-	禾本科草	9.8	14.5
合計又は平均	5,700 (982)*	1,920 (376)*	17.1	19.6	18.2	16.5	-	-	雑草	9.0	14.[illegible]

* 反当固形量 (kg)

第3表 両放牧地における根の状況

Table 3 Botanical and chemical composition of root-stocks of good and poor renoveted pastures.

区分	根の草種別割合 (%) 荳科草	禾本科草	雑草	栄養組成 (無水物中 %) 蛋白質	灰分	石灰	燐酸
良好区	83	10	7	12.40	8.07	0.72	0.54
不良区	62	12	26	10.68	6.86	0.68	0.36

植生状態でも荳科草多く，雑草の混入少ないことが示された。また根の状態についても第3表に示すごとく，良好区の根も荳科草多く雑草が少ないのに対し不良区はかなりの雑草の侵入が示された。また根の栄養成分についても良好区の根は蛋白質，灰分，石灰及び燐酸の含量が高いことが示された。これらは Sturkie (1937), Graber (1927), McCarty (1941), Moyton (1947) 及び三股・高野 (1954) が報告した如く根の栄養成分の量は直接草の寒害抵抗力，再生産力及び草勢に影響あるものと思考される。笹地の牧草導入にあたつては笹を刈払い後耕起し，砕土の上適当な施肥によつてかなりの草生改良がなされ得ることが示された。

(2) 放牧開始期における Line interception 法及び Hand separation 法による植生

Line interception 法による植生は第4表に示したとおりで，植生頻度では良好区 152, 不良区 140 であるが，密度では 89 %と 54 %で大きな差

第4表 Line interception 法による植生 (10 m平均)

Table 4 Vegetation of good or poor pastures by line interception method. (Ave. 10m)

草種	良好区 ① 頻度 (個)	② 頻度 (%)	密度 (cm)	③ 密度 (%)	不良区 ① 頻度 (個)	② 頻度 (%)	密度 (cm)	③ 密度 (%)
ラジノクロバー	81	53.6	558	62.4	53	38.1	284	52.6
赤クロバー	34	22.3	180	20.1	34	24.2	138	25.6
オーチヤードグラツス	23	15.1	100	11.1	19	13.6	36	6.8
ヘラオオバコ	5	3.3	20	2.2	4	2.9	15	2.8
ヒメスイバ	3	1.9	6	0.6	17	12.1	32	5.9
ギシギシ	2	1.4	20	2.2	-	-	-	-
キジムシロ	3	1.9	11	1.2	8	5.7	15	2.8
その他ノ野草	1	0.5	2	0.2	5	3.4	19	3.5
合計	④ 152	100	⑤ 897	100	④ 140	100	⑤ 539	100

① 10m当り個体数 ② 全頻度数に対する各草種% ③ 全密度に対する各草種% ④ 10m当り全頻度数 ⑤ 10m当り全密度

が示されている。これは良好区における各草類1個体の生育量が大きいことを示している。また良好区では全頻度に対し牧草類が 91 %を占めるのに対し，不良区では 75 %であり，草生が良好であることが示された。

Hand separation 法による植生は第5表に示す如く，放牧初期の生草量は良好区 1500 kg に対し不良区 800 kg であり草種割合についても，かなりの差が示された。即ち第4表に示した Line interception 法による植生状況は Hand separation 法によるものと密接な興味ある傾向が示さ

第5表　Hand separation 法による植生

Table 5　Vegetation of good or poor pastures by hand separation method.

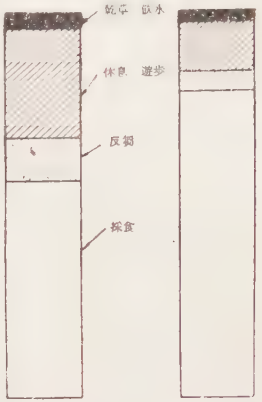
草　　種	良好更新区		不良更新区	
	(%)	(cm)	(%)	(cm)
ラデノクロバー	36.5	30	51	15
赤クロバー	24.0	50	34	[illegible]
禾本科牧草	34.0	50	11	25
スイバ	1.0	30	1	[illegible]
オーバコ	-	-	1	3
タンポポ	-	-	1	35
ヨモギ	0.5	30	1	35
ギシギシ	4.0	45	-	-
反当生草量 (kg)	1480		800	

れた。

2.　放牧地における若牛の日中活動

6月17～18日の両日にわたり放牧活動を4型に分類し調査を行つた。両日は晴天で最高温度20°C，最低16°C，平均湿度72％，日照9.6時間であつた。草量，草質の優れている良好区の若牛は放牧8時間中56％を採食に費しているのに対し，不良区では80％をも採食に消費している。また反芻では各々12％，6.5％で良好区が約2倍多く，休息及び遊歩も良好区23.2％に対し不良区は11.4％と少なかつた。即ち良好区では短時間で採食を終了し，反芻及び休息が長いのに対し，不良区では反対の傾向が示された。また Working time では良好区68.6％に対し不良区86.5％の多いことが示された。これら両区の差は統計的にも明かな差がある。放牧開始後反芻までの平均時間

第6表　両放牧地における若牛の日中活動（1日8時間放牧）

Table 6　Grazing habits of dairy heifers on the good or poor pastures (8 hr's. grazing per day).

区　　分	良好更新区	不良更新区	t 値
採　食	56.5	80.4	7.20**
反　芻	12.1	6.0	5.80**
休息及び遊歩	28.2	11.4	5.44**
乾草採食及び飲水	3.2	2.2	-
合　計	100.0	100.0	-
Working time*	68.6	86.5	5.47**
放牧開始後，反芻開始時間（分）	155 ± 13	224 ± 46	-

1％** = 3.49　*反芻＋採食

は良好区2時間35分 ± 13分に対して不良区は3時間46分 ± 46分であつた。

3.　試験牛による両草地の T. D. N. の生産

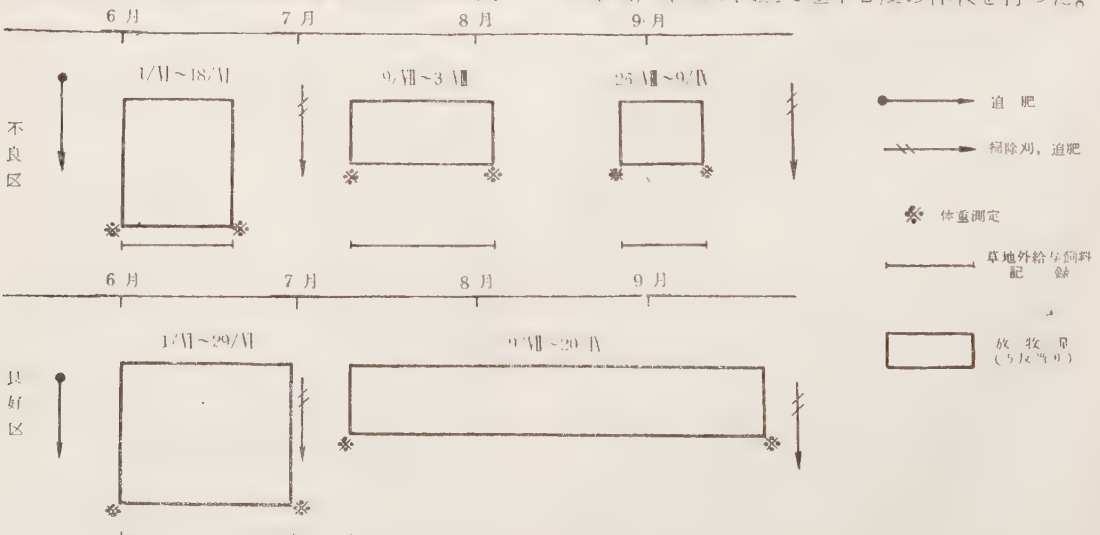
放牧の概況については第2図に示した。不良区は草質，草量の減退で途中2度の休牧を行つた。

第2図　放牧計画

Fig. 2　Plan of grazing.

供試飼料の成分は第7表に示した。尚放牧地の試験牛による T. D. N. の生産については第8, 9表に示した。即ち第8, 9表に示された如く放牧牛によつて採食利用された T. D. N. は5反当り

第7表 供試飼料成分（原物中％）

Table 7 Composition and feeding value of experimental feeds.

飼料	一般成分						無機		D.C.P.	T.D.N.
	水分*	蛋白質	脂肪	NFE	繊維	灰分	CaO	P_2O_5		
配合飼料①	15.63	14.58	5.19	56.38	4.41	3.81	0.23	1.10	10.9	70.7
一番乾草	13.88	7.17	2.62	41.55	28.26	6.52	0.27	0.20	5.0	48.6
二番乾草	20.24	12.28	3.76	40.97	14.28	8.47	0.53	0.38	7.9	45.4
残食草② 良好区③	83.3	3.9	1.0	8.5	1.7	1.6	-	-	3.0	12.0
残食草② 不良区④	81.8	3.7	1.0	9.5	2.3	1.7	-	-	2.8	13.1

① 燕麦25, 麬60, 玉蜀黍10, コプラミール5の配合　② 放牧後の残食草　③ 反当360 kg.
④ 反当130 kg.

第8表 良好更新区の放牧牛による5反当りの T. D. N. 生産

Table 8 Yields of T. D. N. per tan on the good pastures by grazing dairy heifers.

試験牛	延放牧頭数	試験開始時体重(kg)	維持に要したT.D.N (kg)		増体に要したT.D.N (kg)		(C)維持及び増体に要したT.D.N (kg)	放牧外給与飼料(kg)			放牧外給与飼料中T.D.N. (kg) (D)				(E)草地生産T.D.N.(kg)
			1日維持T.D.N	(A)延T.D.N	増体	(B)必要T.D.N		①配合	①一番乾草	②二番乾草	配合	一番乾草	二番乾草	小計T.D.N	
ヘンドリツクダビソン	81	502	4.03	328	46	161.9	489.9	105	7.5	92	74.5	3.6	41.7	119.8	370.1
フラワーグローリー	81	470	3.79	307	42	147.8	454.8	105	7.5	92	74.5	3.6	41.7	119.8	335.0
ヘンドリツクグロリー	25	448	3.61	90	22	73.9	163.9	49	7.5	9	34.8	3.6	4.1	42.5	121.4
アイコールキヤンデー	25	342	2.75	69	18	63.4	132.4	44	7.5	9	31.2	3.6	4.1	38.9	93.5
不良区4頭	16	427	3.44	55	21	77.4	132.4	16	-	-	11.4	-	-	11.4	121.0
合計	228	-	-	849	149	524.4	1373.4	-	-	-	-	-	-	332.4	1041.0

① 放牧後牛舎で給与　② 放牧試験舎で給与　草地生産 T. D. N. =(A+B=C)−D=E

第9表 不良更新区の放牧牛による5反当りの T. D. N. 生産

Table 9 Yields of T.D.N. per 5 tan on the poor pastures by grazing dairy heifers.

試験牛	延放牧頭数	試験開始時体重(kg)	維持に要したT. D. N. (kg)		増体に要したT. D. N. (kg)		維持及び増体に要したT. D.N.(kg)	放牧外給与飼料(kg)			放牧外給与飼料中T. D. N. (kg)				草地生産T.D.N.(kg)
			1日維持T.D.N	延T.D.N	増体(kg)	必要T.D.N		配合	一番乾草	二番乾草	配合	一番乾草	二番乾草	小計T.D.N	
ヘンドリツクネリー	59	434	3.49	206	25	88.0	294.0	76	7.5	27.0	53.7	3.6	12.2	69.5	224.5
文月	59	494	3.98	235	23	82.0	317.0	76	7.5	27.0	53.7	3.6	12.2	69.5	247.5
フラワークローリー	18	346	2.79	50	8	28.1	78.1	35	7.5	6.0	24.7	3.6	2.7	31.0	47.1
鴨月	18	366	2.95	53	10	35.2	88.2	31	7.5	6.0	21.9	3.6	2.7	28.2	60.0
合計	154	-	-	544	66	233.3	777.3	-	-	-	-	-	-	198.2	579.1

良好区 1,041.0 kg, 不良区 579.1 kg であつた。

4. 試験牛の採食榮養量

良好区と不良区における試験牛の採食栄養量については第10表に示した。良好区の試験牛は1日1頭当り 46.1 kg の生草の採食に対し，不良区では 35.1 kg で約30％多く，D. C. P. でも 920 g に対し 770 g であつた。これら両区の採食量と日中活動の状況を併せて考察するならば良好区の若

第10表　両放牧地試験牛の採食栄養量

Table 10　Capable eating nutritive quantity by dairy heifers on the good or poor pastures.

区　分			良好区	不良区
放牧中採食草の栄養組成（原物中%）（F）	水　分		84.8	83.8
	固形量		15.2	16.7
	D.C.P.（G）		2.0	2.2
	T.D.N（H）		9.9	10.7
5反当り草地よりの試験牛の採食　T.D.N.（kg）		（A）	1041.0	570.1
1日1頭当り草地よりの採食　T.D.N.（kg）		（B）	4.56	3.7[illegible]
1日1頭当り採食生草量（kg）		（C）	46.06	35.14
1日1頭当り採食　D.C.P.（g）		（D）	921	773
1日1頭当り全採食　T.D.N.（kg）		（E）	6.01	5.03
発育牛に対するモリソンの標準	D.C.P.（g）		530±30	
	T.D.N.（kg）		5.0±0.2	

（B）=（A）÷5反，（C）=（B）÷H，（D）=（C）×（G），（E）=放牧と草地外給与飼料の合計，（F）Protect cage による Graging stage の栄養組成平均

牛は短時間でより多量の良質な草を採食し得ることが示された。

5．両放牧地の総 T. D. N. 牧養力及び増體

両放牧地の総 T. D. N. 牧養力及び増体については第11表に示した。1町当りの総 T. D. N. の生産では良好区 2,514 kg に対し不良区 1,329 kg で良好区が 48 %多く，延放牧頭数においても 453

第11表　1町当り両放牧地の総 T.D.N. 牧養力及び増体

Table 11　Yield of total T. D. N., grazing capacity and body weight increased per cho by dairy heifers on the good or poor pasture.

区　分		良好区	不良区
総 T.D.N.（kg）	放牧による T.D.N.	2,082.0	1,158.2
	残食による T.D.N.	432.0	170.4
	合　計	2,514.0（187）	1,328.6（100）
延放牧頭数		453（148）	308（100）
延増体重（kg）		298（226）	132（100）
1日1頭当り増体重（kg）		0.653（153）	0.428（100）

（ ）数字は不良区を 100 とした時の比較

頭と 308 頭で 48 %まさつており，延増体重では 298 kg と 132 kg で約 2.3 倍高く，それにともなつて1日1頭当りの増体でも良好区が 53 %優れていることが示された。

Ⅳ　考　　察

1．笹地における牧草導入について

ミヤコザサ，クマイザサ地における牧草導入に関する研究はまだ報告されていない。筆者等の今回の試験では，笹を刈払い，トラクタープラウで耕起し，砕土を行つてこれに適切な播種及び追肥によつて良好な牧草地化が可能であることが示された。なお筆者等（1956）は更に笹地における牧草導入法について機械力（プラウ及びデスクハロー使用），殺草剤（クロレートソーダ）の使用，追肥，追播による研究などを行つているが，いずれも笹の再生を抑制しながら適切な播種及び追肥管理によつて，牧草地化の可能性を認めている。

2．放牧牛の日中活動について

放牧地における家畜の採食活動（Grazing behaviour, Graging habit）は草地の植生状態と密接な関係を有し，合理的な草地管理上重要なことである。本邦においては僅かに野草放牧地における和牛の行動について黒崎等（1956）の報告のみである。Hancock（1954）は放牧牛の行動を Grazing, Resting, Idling 及び Ruminating の4型に分類し，更にGrazing と Ruminating の合計を Working time とした。筆者等は放牧牛の行動を Grazing, Resting and idling, Ruminating と Hay eating and water drinking の4型に分類した。Atkenson 等（1942）は Grazing, Standing と Lying-down の3型に分類し5分間隔の調査で乳牛と若牛で放牧試験を行つた。それによると良好草地で Grazing 29 %，Standing 17 %，Lying-down が 54 %であつた。また日中 11 時間 40 分の放牧では良好な草地ほど採食時間が短かく横臥の回数も多いことを報告している。即ち良好草地では 46 %が採食に費されたのに対し，不良草地では 62 %であつた。Hancock（1954）も乳牛の日中活動は草地の草量，草質により影響を受けるもので一般によくない草地では Total working time が増加することを報告している。

黒崎等（1956）は時季別に放牧和牛群について

第1図 試験前の笹地

Fig. 1 Original sasa land.

第4図 砕 土

Fig. 4 Disking.

第2図 笹の刈取り

Fig. 2 Cutting.

第5図 試験放牧地と放牧舎

Fig. 5 Experimental pasture and barn.

第3図 耕 起

Fig. 3 Plowing.

第6図 良好更新草地と Protect cage (1 m³)

Fig. 6 Good renovated pasture and protect cage (1 m³).

第7図　不良更新草地

Fig. 7　Poor renovated pasture.

第8図　良好更新草地における Protect cage 内の植生

Fig. 8　Vegetation in protect cage of good renovated pasture.

第9図　不良更新草地における Protect cage 内の植生

Fig. 9　Vegetation in protect cage of poor pasture.

第10図　良好更新草地の放牧

Fig. 10　Grazing on good pasture.

第11図　不良更新草地の放牧

Fig. 11　Grazing on poor pasture.

第12図　日中活動調査時における良好区の若牛の反芻状況（放牧開始後2時間35分で反芻が開始したが，前方不良区の牛は採食を続けている）

Fig. 12　Ruminating on good pasture.

第13図　第12図と同時刻における不良区の若牛の採食状況（放牧開始後3時間44分で反芻開始）

Fig. 13　Grazing on poor pasture at the same time shown in Fig. 12.

Grazing, Resting, Supplementing 及び Migrating の4型に分類し調査を行つた。これらの結果月毎の体重の増加量と Grazing form の時間数との間に相関性のあることを報告した。筆者等は若牛について草質，草量の異なる牧草地での行動分析とともにこれら草地の T. D. N. 生産性，増体及び牧養力との関係を明らかにした。また日中活動と採食栄養量の関係についても明らかにした。

3．草地改良と放牧効果について

放牧の効果は草地の草質，草量と密接な関係を有するものであるが SEATH (1942) は放牧地の追肥によつて放牧日数を70～110日に延期させ，エーカー当りの放牧頭数を58％，乳量で64％各々増加しえたことについて報告している。ROSE (1950) は野草地の追肥によつて草の蛋白質含量を1.4倍，燐酸含量を2倍にし，蛋白質収量を2.3倍増加し得たことを報告している。また追肥により草地の総 T. D. N. 生産で2倍，乳量で1.6倍増加したことを示した。筆者等も笹地における牧草導入にあたつて，適切な施肥及び追肥管理によつて草量を3倍にし，放牧効果が優れたことを明らかにした。

V 摘　　要

1) 笹地における牧草導入にあたつて，笹を刈払い，トラクターによる耕起，砕土後適切な施肥，播種によつて牧草地造成が可能であることが示された。

2) 牧草地造成にあたつて厩肥，石灰及び化学肥料の施用は牧草類の生育を増加し，野草侵入の少ない良好な草地造成に効果的であつた。

3) 植生調査にあたつて Line interception 法は Hand separation 法による場合に相似し興味ある関係が示された。

4) 放牧牛の日中活動においては，草質，草量の優れた草地では採食時間が短かく，反芻及び休息の時間が長いことが示され，同時に Working time も短かいことが示された。

5) 草質，草量の優れた良好区の若牛は1日1頭当り D. C. P. 920g，T. D. N. 4.56kg 採食したのに対し不良区では770gと3.76kgであつた。

6) 草地の総 T. D. N. 生産については1町当り良好区2,082kgに対し不良区は1,158kgであつた。延放牧頭数では1町当り良好区453頭に対し不良区は308頭であり，延増体重でも298kgと132kgであつた。1日1頭当りの増体では0.653kgと0.428kgで良好区が優れていた。

VI 参考文献

1) ATKENSON, F. W., SHAW, A. O. and CAVE, H. W. (1942) Grazing habits of dairy cattle. J. Dairy Sci., 25.

2) BRUNDAGE, A. L. and PETERSEN, W. E. (1952) A comparison between daily rotational grazing and continuous grazing. J. Dairy Sci., 35, 7.

3) GRABER, L. F., NELSON, N. T., LUKEL, W. A. and ALBERT, W. B. (1927) Organic food reserves in relation to the growth alfalfa and other perennial herbaceous plant. Wis. Agr. Exp. Sta. Res. Bul., 80.

4) HANCOCK, J. (1954) Studies in grazing behaviour of dairy cattle. II. J. Agr. Sci., 45.

5) HODGSON, R. E., GRUNDER, M. S., KNOTT, J. C. and ELLINGTON, E. V. (1934) A comparison of rotational and continuous grazing of pastures in Westan Washington. Wash. Agr. Exp. Sta., Bul. 294.

6) 黒崎順二・飯泉茂・菅原亀悦 (1956) 放牧家畜(黒毛和種)の行動と植群 I，II．東北大農学研究所彙報., 8, 1.

7) McCARTY, E. C. (1942) Growth and carbohydrate content of important mountain forage plants in Central Utah as affected by clipping grazing. U. S. D. A. Tech. Bul. 818.

8) 大原久友・三股正年・髙野信雄 (1954) 良好放牧地と不良放牧地における乳牛の採食栄養量. 北農試彙報, 67.

9) RICHARDS, C. R. and REID, J. T. (1953) The digestibility and interrelationships of various carbohydrate fractions of pasture herbage and a resolution of the components of crude fiber and N. F. E. J. Dairy Sci., 36, 9.

10) ROSE, C. J. (1951) The economics of fertilizing natural veld as shown dairy animals. Empire J. Exp. Agr., 20, 77.

11) STURKIE, D. G. (1930) The influence of various top-cutting treatments on rootstocks of Johnson grass. J. Amer. Soc. Agr., 22.

12) WOODWARD, T. E. (1936) The quantities of grass that dairy cows will graze. J. Dairy Sci., 14, 6.

Résumé

A study of the effects of renovation (plowing, fertilizing, and seeding) upon the forage yield, and upon the botanical or chemical composition of low productive *Sasa*-land was made at the Department of Animal Husbandry of this Experiment Station during 1953 to 1954. Also, comparative studies have been carried out on the amount of herbage consumed, grazing habits, body weight increase and total T. D. N. productivility by dairy heifers between good and poor renovated pastures. The results obtained may be summarized as follows:

1) It was found that low productive *Sasa*-land may be improved into high productive pasture from plowing, fertilizing and seeding.

2) Good renovated pasture (manure, lime, and chemical fertilizer) produced 3 times the green yield of poor pasture.

3) Using the line interception method on the plantation, the authors found in respect to botanical frequency and density a very interesting connection with the crop yield, botanical composition was studied by hand separation method.

4) Comparative time spent in grazing by 8 Holstein heifers on good or poor renovated pastures during the daytime was recorded. Records were kept on the time spent in grazing, resting and idling, ruminating, and water drinking and hay eating. Animals were recorded at one minute intervals for 2 consecutive 8 hour periods. Summary of results (Table 1) showed the dairy heifers spent 56.6 % of the time in grazing on good pasture. They spent 42 % or more additional time grazing on the poor pasture than on average good pasture.

Table 1 Grazing behaviour.

	Good pasture (%)	Poor pasture (%)
Grazing	56.5	80.4
Ruminating	12.1	6.0
Resting and idling	28.2	11.4
Water drinking and hay eating	3.2	2.2
Total	100.0	100.0
Working time	68.6	86.5

5) Capable eating nutritive quantity on the good or poor pastures by dairy heifers is shown in Table 2. The quantity of green herbage consumed by the good pasture heifers was 46.1 kg per head daily on an average, while that consumed by those on poor pasture was 35.1 kg Good pasture heifers ate an average of 921 g of D. C. P., poor ones 773 g

Table 2 Capable eating nutritive quantity.

		Good pasture	Poor pasture
Nutritive content of eating portion on the grazing. (Original matter basis %)	Water	84.8	83.3
	Dry matter	15.2	16.7
	D. C. P.	2.0	2.2
	T. D. N.	9.9	10.7
Total consumed T. D. N. per ½* chō by grazing heifers. (kg.)		1041.0	579.1
Consumed T. D. N. per head per day by grazing heifers. (kg)		4.56	3.76
Consumed green herbage per head per day by grazing heifers.		46.06	35.14
Consumed D. C. P. per head per day by grazing heifers.		921	773

* 1 chō equals 2.5 acres.

6) Yield of total T. D. N., grazing capacity and body weight gain per chō on good or poor pasture by grazing dairy heifers are shown in Table 3.

Table 3 grazing capacity.

	Good pasture	Poor pasture
Total T. D. N. (kg)	2514.0 (187)	1328.6 (100)
Total body weight gained (kg)	298 (226)	132 (100)
Average body weight gained per head daily (kg)	0.653 (153)	0.428 (100)
Total grazing capacity (days)	453 (148)	308 (100)

The yield of total T. D. N. was calculated according to Rose (1952).

T. D. N. kg = (3.53 × body weight gained per cho) + (T. D. N. total body weight maintained per cho) + (T. D. N. per chō in surplus residual grasses from grazing) - (T. D. N. in any supplement feeds). There was large increase in yield of total T. D. N. owing to good renovation. The differences in grazing capacity and body weight gained per chō between the good or poor pasture were highly significant.

泌乳性並びに繁殖性に関する生化学的生理学的研究

第Ⅲ報　I^{131} 投与による乳牛の甲状腺沃度摂取率（予報）

桜井　允*　香月利信*

BIOCHEMICAL AND PHYSIOLOGICAL RESEARCHES ON REPRODUCTION AND LACTATION

Ⅲ UPTAKE OF RADIOACTIVE-IODINE I^{131} BY THE THYROID GLAND IN THE DAIRY CATTLE (PRELIMINARY REPORT)

By Makoto SAKURAI and Tosinobu KAZUKI

Ⅰ. 緒　言

甲状腺が生体の代謝と密接な関係にあり，就中生長促進，低温時における体温の維持，ビタミン代謝，水分及び無機物代謝等栄養生理上の意義が極めて大きいことは周知の事実である。しかし近年甲状腺は更に他の内分泌器官，ことに副腎皮質及び性腺と密接に協関していることが明らかにされたほか，甲状腺ホルモンの泌乳に及ぼす効果については種々の研究者によつて研究されつつあり，Thyroprotein を乳牛に投与すると乳量並びに脂肪率の増加をきたすことは，THOMAS *et al.* (1949)[1]，GARDNER & MILLEN (1950)[2]，SWANSON (1951)[3]，THOMAS & MOORE (1953)[4] 等によつて明らかにされ，また血中の protein-bound iodine(PBI)について，はLONG *et al.*(1952)[5]，LEWIS & RALSTON(1953)[6]，LONG *et al.*(1953)[7] 等によつて研究されている。

しかし乳牛について生理的範囲において甲状腺機能を直接測定した研究は比較的少なく，最近AMSCHLER (1956)[8] の報告があるにすぎない。

甲状腺ホルモンの作用機転については，このホルモンが生体組織の酸化酵素の活性を高め，燐酸化 phosphorylation を促進することによつて生体の基礎代謝を高めるものといわれている（山本，1956)[9]。

筆者らは乳牛の泌乳能力と甲状腺機能との関係を知る目的で，I^{131} を投与してその摂取率から直接甲状腺機能を測定しようとし，その予備試験として測定結果に影響を与えると考えられる種々の因子について調査を行いつつあるが，その一部をここに報告したい。

* 畜産部家畜育種研究室

Ⅱ. 實驗方法及び成績

1. I^{131} の投與方法

生体に放射性沃度を投与するには種々の方法があるが，頸静脈に注入することは余程熟練せざる限り皮下に漏れたり注射器具より漏れたりして定量的投与が困難であるほか，牛体，牛房，術者を汚染する危險があり，また漏れた I^{131} は甲状腺の放射能測定を妨害するばかりでなく，注射は牛に不安感を与え，爾後の甲状腺沃度摂取率を GM-管を以て測定する場合に牛を安静状態に保つことが困難となる。

このように静脈内注入は種々の欠点を伴うので経口投与を行つたが，一定量の I^{131} を水に溶かしビール瓶の如きもので開口投与することはときとして吹返したり，口蓋よりこばしたりして定量投与ができないこともあるので，筆者らは空腹時に一定量の I^{131} 稀釋液を麬・米糠・ビートパルプ等の飼料の少量に吸収せしめて採食させたが，完全に定量的に摂取され，器具その他を汚染する危險も少なく，最も安全かつ簡易な方法であることを知つた。

2. 測　定　法

I^{131} は β 線と γ 線との双方を放射しているので測定には常法どおり γ 線のみを用いた。このため GM-管窓に220mg/cm² の Aluminum filter を装着して測定した。また予備試験であるので測定に

は神戸工業社製 survey meter SM-6 型で(GM 管 GM-131 P)を用いた。

(イ) 等価直径

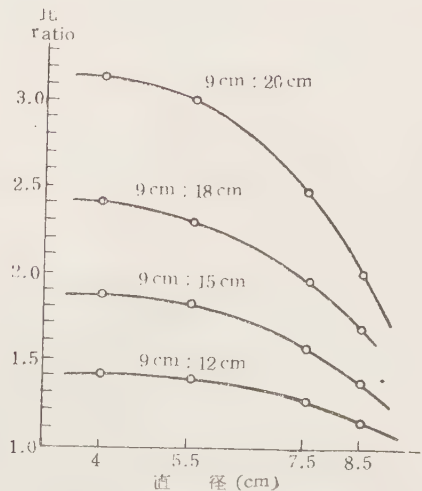
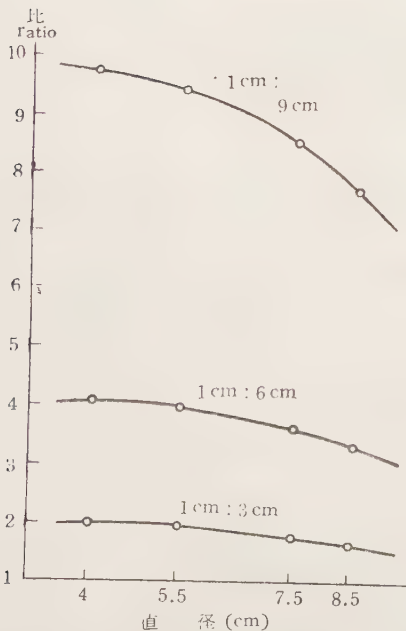
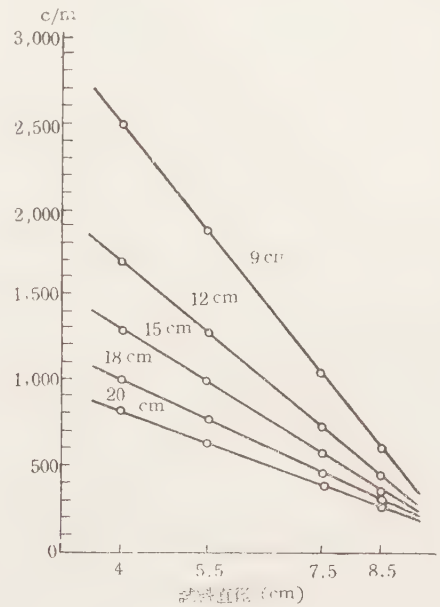
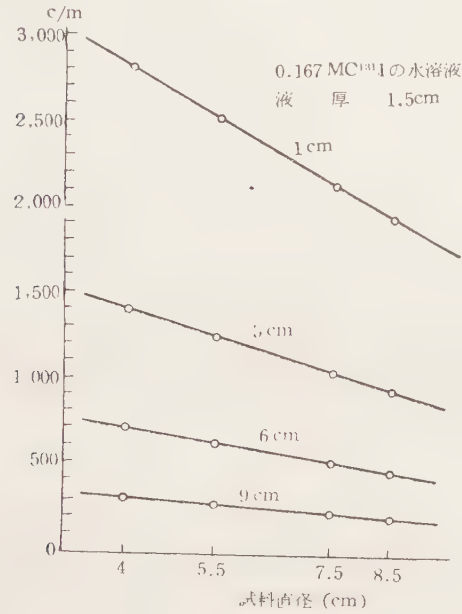
甲状腺の沃度摂取率を求めるのに重要となるのは放射線源の面積即ち甲状腺の機能的大きさと測定距離であるが，乳牛の甲状腺の大きさは変異が大きくその形状も不整である。石井・土屋[10]によれば如何なる形状のものもある直径を持つた円型に対応させることができ，この対応させた直径を等価直径といつている。筆者らはこの原理を応用してまず乳牛の甲状腺等価直径を求めた。また測定距離は後方散乱，自己吸収の問題があつて複雑であるが一応皮膚面より甲状腺底面までの距離（放射線源の厚さ）を 1.0～1.5 cm とした。即ち第1図に見られるとおり一定単位の I^{131} 水溶液を厚さ 1.0～1.5 cm に定め，種々の直径に拡大し，

第1図 試料直径と測定値との関係及び試料直径と二つの距離からの測定値の比との関係

Fig. 1 The relation between diameter of sample and estimate (c/m), and between diameter of sample and ratio of estimates from 2 different estimation distances.
(0.167 MC I^{131}, thickness of sample solution = 1.5 cm, 220 mg/cm² Aluminium filter used.)

また種々の距離から測定した値は直線的関係を示し，放射線源の面積が大きくなるに従つて放射能の測定値が小さくなり，かつこの傾向は測定距離が小さくなるほどいちじるしくなることを知つた。このことは同一量の沃度を甲状腺が摂取した場合でもその大きさが異なれば測定値もまた異つてくること，そしてまた測定距離が近い程その差は大きくなることを示している。またこれらの種々の直径に対する各距離からの測定値の比は曲線的関係を示し，遠距離間の測定値の比程曲線の曲り方は鋭い。このことは近距離測定程放射線源の大きさによる誤差が大きくなることを示すものであろう。従つて標準試料について一度正確にこの曲線を作つて置けば逆に異つた二つの距離における測定値の比から放射線源の面積を略々正確に求めることができる。

第1表に示したとおり，標準試料と同一単位の I^{131} 水溶液を種々の年齢の乳牛に経口投与し 24時間後，48時間後，72時間後の甲状腺放射能を種々の距離から測定した測定値の比は，1 cm と 3 cm の距離では凡そ 2.0～2.3，1 cm と 9 cm とでは 8.7～10.0 cm であり，これに対応する円の直径は第1図の曲線により大体 4.0～6.0cmであり，即ち乳牛における甲状腺の等価直径は略々4～6 cm の間であろうことが推定された。

第1表 甲状腺の放射能及び二つの測定距離における測定値の比

Table 1 The radio activities of thyroid from several different estimation distances and the ratio of these estimates.

名号	年齢	体重	24時間後					48時間後					72時間後				
			1cm	3cm	9cm	1：3	1：9	1cm	3cm	9cm	1：3	1：9	1cm	3cm	9cm	1：3	1：9
	(年)	(kg)															
アイコール ネリー ビューテイー ドラ	0.5	220	900	450	100	2.0	9.0	1000	500	120	2.0	8.3	960	480	100	2.0	9.6
アイコール ネリー アスター	1.5	440	350	170	35	2.0	10.0	500	220	55	2.3	9.1	450	200	50	2.2	9.0
アイコール グローリー アスター	1.5	420	300	150	30	2.05	10.0	400	180	45	2.2	8.9	370	180	40	2.1	9.2
ロメオポンチヤツク ハツピー キヤンデイー	3.0	560	250	120	25	2.08	10.0	560	280	60	2.0	9.3	560	270	55	2.1	10.0
セジス カンナ キヤンデイー	3.0	556	240	120	25	2.0	9.6	560	270	60	2.1	9.3	550	260	55	2.1	10.0
文月	4.0	660	220	100	25	2.2	8.8	400	180	45	2.3	8.9	400	170	40	2.3	10.0
陽月	4.0	630	220	100	25	2.2	8.8	400	190	45	2.1	8.9	360	170	40	2.1	9.0
鴨月	4.0	574	500	230	55	2.2	9.1	600	280	65	2.1	9.2	660	300	70	2.2	9.4
菊月	5.0	570	240	120	25	2.0	9.6	350	170	40	2.0	8.7	350	160	35	2.2	10.0
北畜10号	10.0	588	220	110	25	2.0	8.8	370	180	40	2.1	9.2	360	170	35	2.1	10.0

註） 各牛共 0.167 MC I^{131} を経口投与　　舎温：10°～18° C

等価直径を求める場合，測定値の比は測定距離が遠く距つているほど鋭い曲線を描く事実より，なるべく距りの大きい二つの距離からの測定値の比を求めた方がより正確な等価直径を求めうるであろう。この意味から投与すべき I^{131}は相当高単位でないと遠距離測定は困難である。また甲状腺の沃度摂取率を求める場合でも遠距離から一定方向からの放射線のみを測定する必要がある。即ち前記のとおり遠距離ほど，甲状腺の大きさによる誤差を少なくすることができる。

かくして甲状腺の沃度摂取率は次の式から求められる。

$$24\text{時間後における甲状腺の沃度摂取率} = \frac{\text{甲状腺の 24 時間後の c/m}}{\text{標準試料の甲状腺等価直径と同一直径における24時間後のc/m}}$$

（測定距離は両者共同一でなければならない）

また試料の 24 時間後の放射能の強さは理論的に次の式から求め得られる。

$$I_x = \frac{I_0}{n_x}$$

I_x：24時間後の放射能 c/m

I_0：始めの放射能 c/m

n_x：1.085

かくして求めた標準試料の減衰曲線は第2図に示すとおりで，理論値と実測値とはほとんどよく一致している。このことはわれわれの用いた I^{131}

が純粋であることを示すことにもなるであろう。また甲状腺の沃度摂取率は第2表に示すとおりである。

(ロ) 投　与　量

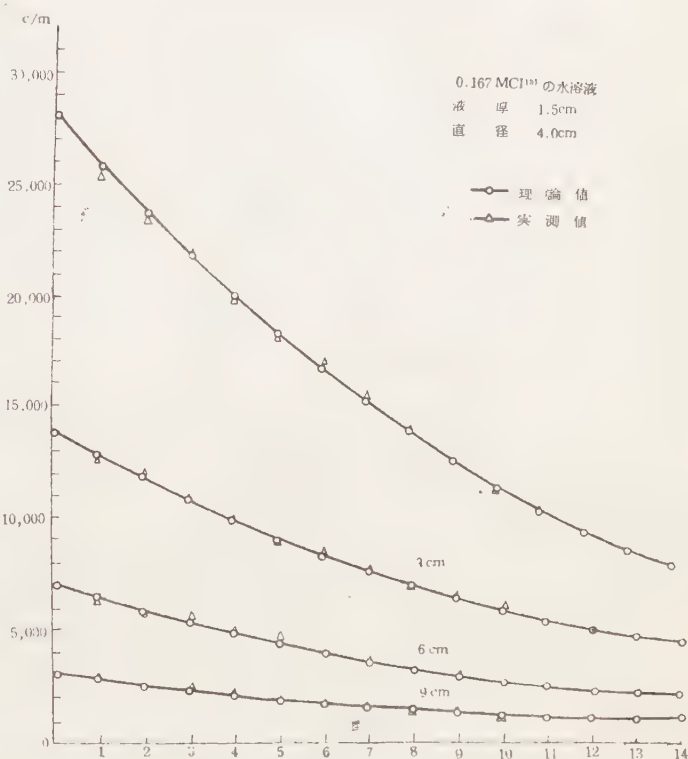
甲状腺の沃度摂取率は投与された沃度量によつて左右され，微量ほど摂取率が高くなることが知られている。しかしながら，あまりの微量では等価直径を求める場合でも摂取率を求める場合でも測定を困難にするので，乳牛においてはどの程度が適当であるかを知るため次の実験を行つた。またこの実験では甲状腺の等価直径を一応4 cm と決め，甲状腺以外からの放射線——即ち24時間後では未だ第1胃より若干の放射線を感ずるし，反芻のため食道部からも若干の放射線を感ずる——を遮断するため，即ち甲状腺よりの方向性を持つた放射線のみを測定するため鉛の筒を用いた。この筒は直径

第2図　放射能減衰率

Fig. 2　The decreasing rate of I^{131}'s radioactivity due to its half-life.

第2表　甲状腺の沃度摂取率

Table 2　Uptake of I^{131} by thyroid of cattles of different ages and of different physiological conditions.

名　号	年齢	体重	泌乳量	状　態	24時間後 1cm	24時間後 3cm	24時間後 9cm	24時間後 平均	48時間後 1cm	48時間後 3cm	48時間後 9cm	48時間後 平均	72時間後 1cm	72時間後 3cm	72時間後 9cm	72時間後 平均
	(年)	(kg)	(kg)		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
アイコール ネリー ビューテイー ドラ	0.5	220	-	処女牛	3.5	3.5	3.6	3.5 3.9	4.2	4.2	4.7	4.4 4.9	4.3	4.3	4.2	4.3 4.8
アイコール ネリー アスター	1.5	440	4.0	誘起泌乳	1.3	1.3	1.3	1.3 1.5	2.3	2.3	2.2	2.3 2.6	2.1	1.8	2.1	2.0 2.3
アイコール グローリー アスター	1.5	420	1.0		1.2	1.2	1.1	1.2 1.3	1.7	1.5	1.8	1.6 1.8	1.7	1.6	1.7	1.7 1.9
ロメオ ポンチヤツク ハツピー キヤンデイー	3.0	560	1.0		0.9	0.9	0.9	0.9 1.0	2.3	2.3	2.3	2.3 2.6	2.5	2.5	2.3	2.4 2.7
セジス カンナ キヤンデイー	3.0	556	16		0.9	0.9	0.9	0.9 1.0	2.3	2.3	2.3	2.3 2.6	2.5	2.4	2.3	2.4 2.7
文　月	4.0	660	-		0.8	0.8	0.9	0.8 0.9	1.7	1.5	1.7	1.6 1.8	1.8	1.6	1.7	1.7 1.9
陽　月	4.0	630	18		0.8	0.8	0.7	0.8 0.9	1.7	1.6	1.7	1.7 1.9	1.6	1.6	1.7	1.6 1.8
鴨　月	4.0	574	-	妊娠末期	1.9	1.8	2.0	1.9 2.0	2.5	2.4	2.5	2.4 2.7	3.0	2.7	3.0	2.9 3.3
菊　月	5.0	570	12		0.9	0.9	0.9	0.9 1.0	1.5	1.5	1.6	1.5 1.7	1.6	1.5	1.5	1.5 1.7
北畜 10 号	10.0	588	-	妊娠中期	0.8	0.8	0.9	0.8 0.9	1.6	1.5	1.5	1.5 1.7	1.6	1.5	1.5	1.5 1.7

註) 平均値　上段：等価直径 4.0 cm の場合，下段：等価直経 5.5 cm の場合。　舎温：10°～18° C

4 cm とし皮膚面と GM–管窓との距離がそれぞれ 1 cm, 3 cm, 6 cm, 9 cm となるように調製した。

その結果は第 3 表に示すとおりで，略同一条件の 2 個体よりなる 3 組の牛にそれぞれ異つた単位の I^{131} を経口投与し，甲状腺の摂取率を求めた。この結果から 0.1〜0.3 MC 位では遠距離からの測定は困難であり，10 cm 以上の距離から測定するには少くも 0.5 MC 前後が必要であるように思われる。また同一条件の牛では低単位の I^{131} を投与した方が高単位を投与した場合より甲状腺沃度摂取率が高いことを知つた。ただ No. 5 と No. 6 の牛において高単位投与の方が摂取率も高かつたが，これは後に説明するように条件が同一でなかつたことに原因していると考えられる。

ともあれ甲状腺の等価直径を求めるにしても，沃度摂取率を求めるにしても 10〜15 cm 位の距離から測定することが種々の点で便利であるが，このためには投与すべき I^{131} の単位は，牛の状態によつても異るが略々 0.5 MC 前後は必要であろうと考えられる。

第 3 表 種々の濃度の I^{131} 投与による甲状腺の沃度摂取率

Table 3 Uptake of I^{131} by thyroid when administered different unit of I^{131} orally to the cows which were kept under almost same physiological conditions.

No.	名号	I^{131} 投与量	年齢	生理的条件	第1日 cm 1	cm 3	cm 6	cm 9	Av.	第2日 cm 1	cm 3	cm 6	cm 9	Av.	第3日 cm 1	cm 3	cm 6	cm 9	Av.
		MC	(年)		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
1	鴨 1 号	0.1	1.2	処女牛	1.3	1.3	1.3	1.2	1.3	2.9	2.7	2.7	3.0	2.8	3.2	2.9	3.2	2.9	3.1
2	鴨 2 号	0.2	1.2	〃	1.7	1.6	1.6	1.5	1.6	2.6	2.5	2.5	2.6	2.5	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
3	アイコール グローリー アスター	0.2	1.5	誘起泌乳	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.8	2.8	2.9	2.6	2.8
4	アイコール ネリー アスター	0.4	1.5	〃	1.1	1.1	1.2	1.2	1.1	1.7	1.6	1.6	1.7	1.6	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
5	セジス カンナ キャンデイー	0.3	3.0	泌乳中	1.3	1.3	1.3	1.4	1.3	1.7	1.5	1.5	1.3	1.5	1.8	1.8	1.9	1.9	1.8
6	ロメオ ポンチヤツク ハツピー キャンデイー	0.6	3.0	泌乳中及び妊娠中	1.7	1.7	1.6	1.6	1.6	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.3	2.2	2.2	2.2

No.	名号	第4日 cm 1	cm 3	cm 6	cm 9	Av.	第5日 cm 1	cm 3	cm 6	cm 9	Av.	第6日 cm 1	cm 3	cm 6	cm 9	Av.	第7日 cm 1	cm 3	cm 6	cm 9	Av.
		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
1	鴨 1 号	3.4	3.1	3.1	3.1	3.2	3.7	3.3	3.7	3.4	3.5	3.0	3.2	3.2	3.3	3.2	2.2	2.4	2.2	2.0	2.2
2	鴨 2 号	2.6	2.5	2.6	2.7	2.6	2.3	2.3	2.2	2.5	2.3	2.0	2.0	2.0	1.9	2.0	1.9	1.8	1.9	1.8	1.8
3	アイコール グローリー アスター	2.6	2.7	2.7	2.5	2.6	2.8	2.8	2.8	2.5	2.7	2.0	2.1	2.1	2.1	2.1	1.7	1.7	1.6	1.5	1.6
4	アイコール ネリー アスター	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	2.1	2.1	2.0	1.9	2.0	2.0	2.0	2.0	1.9	2.0	1.6	1.6	1.5	1.6	1.6
5	セジス カンナ キャンデイー	2.0	2.0	1.9	1.8	1.9	2.2	2.2	2.1	2.0	2.1	2.3	2.3	2.3	2.2	2.3	1.5	1.4	1.4	1.5	1.4
6	ロメオ ポンチヤツク ハツピー キャンデンー	2.1	2.1	2.2	2.1	2.1	2.2	2.2	2.5	2.2	2.3	2.4	2.3	2.3	2.3	2.3	1.7	1.6	1.6	1.7	1.6

Ⅲ. 考　　察

1. 放射線源の面積及び厚さについて

前記のとおり一定単位の I^{131} 水溶液を種々の直径の円型となし，液の厚さを 1.0〜1.5cm とした場合の放射能測定値は直径が大きくなる即ち面積が大きくなるに従つて低下し直線的関係を示す。またその低下の程度は測定距離が近くなるに従つていちじるしくなる。

また各面積に対応する二つの距離における測定値の比は曲線を描き遠距離における測定値の比ほど曲線は鋭い。

これらの事実より甲状腺の沃度摂取率を求める場合，甲状線の大きさを知ることは重要である。乳牛の甲状腺は不整形でありその大きさも区々であるといわれているが，如何なる形状，大きさのものもある直径をもつた円型に対応せしめうるとの事実より，筆者らが測定した乳牛の甲状腺の機能的等価直径は凡そ 4.0〜6.0 cm であつたが，この値はまた解剖学的所見と略々一致している。即

ち DOBBERSTEIN & KOCH[11] によれば牛の甲状腺は lobi の長さ 6〜8 cm，幅 4〜5 cm であるといつており，ELLENBERGER & BAUM[12] は同じく側葉の長さ 6〜7 cm，幅 4〜5 cm と記している。また皮膚面より甲状腺裏面までの距離を 1.0〜1.5 cm としたことも略々解剖学的所見と近く，前記 ELLENBERGES & BAUM は牛甲状腺の厚さは $^3/_4$〜$1^1/_2$ cm と記している。勿論これに皮膚の厚さが加わるが，乳牛において頸部皮膚は相当薄く従つて標準試料の液厚を 1.0〜1.5 cm としたことは略々妥当であると考えられるのである。

2．投與すべき I^{131} の量及び投與方法について

I^{131} の投与方法としてはさきに記したとおり，飼料に吸収せしめて空腹時に採食せしめる経口投与法が最も簡易かつ安全であり，一定量の I^{131} を定量的に投与することが可能である。またこのようにして投与することは爾後の甲状腺放射能の測定をいちじるしく容易にするもので，なぜならば静脈内あるいは皮下注射は牛に非常な不安感を与え，爾後の甲状腺放射能の測定時に牛を静止状態に保つことは極めて困難となり，測定値に大きな誤差を生ずる原因となるばかりでなく，皮下に漏出した I^{131} は甲状腺放射能に干渉して測定値をいちじるしく誤ましめるからである。また空腹時の経口投与法は，その他の投与法と比べて甲状腺の沃度摂取速度及び摂取率に大した差を生じないものであることが，CHAKRABORTY[13] によつて報ぜられている。

投与量については微量与えるほど甲状腺の摂取率の高いことは既知の事実であるが，このことは甲状腺の沃度摂取量に一定の限界のあることを示している。筆者らの結果においても第3表で明らかなとおり「鴨1号」と「鴨2号」とは二卵性双仔で略々生理条件が近似しているし，「アイコールグローリーアスター」と「アイコールネリーアスター」は異母半姉妹でともに誘起泌乳中のものであるが，この2組とも同じ傾向を示している。但し「セジスカンナキャンディー」と「ロメオボンチャツクハツピーキャンディー」の組は反対の摂取率を示している。この原因は同一生理条件に無かつたことによるもので，即ち前者が受胎していないのに反し後者は姙娠（6箇月）中であり，姙娠の影響によるものと考えられる。また甲状腺の沃度摂取速度は多量を投与した場合の方が早い傾向を示している。

以上の事実から見て，甲状腺の I^{131} 摂取率からその機能を推測せんとする場合，できる限り同一条件の環境下で行う必要があり，舎内温度，飼育条件，投与沃度量，牛の状態（年齢，姙娠の有無，泌乳）等同一条件で比較することが大切であろうと考えられる。

投与する沃度量は等価直径の測定，方向性放射線の測定から 0.5 MC 前後が望ましく，これを carrier-free として水溶液または 0.08 M $NaHSO_3$ 溶液として 10〜50 cc に稀釈して飼料に吸収せしめ採食させることが好都合であろう。

3．甲状腺放射能の測定方法について

乳牛の甲状腺放射能を測定するには，まず甲状腺の位置を最大カウント数を示す位置で確定し，一定方向からの放射線のみを測るためと測定距離を一定にするため種々の長さのまた 4〜6 cm の直径の鉛のシールドを GM－管に被せる必要があり，GM－管窓口は皮膚面と略々直角になるよう保持する。甲状腺は左側で測つても右側で測つても全く差は認められないが正面から甲状腺中央部を測定することは胸垂が妨害となつて望ましくない。

測定に当つては牛をできるだけ静止状態に保つことが必要であり，頸の位置が変つたり，暴れたりすると測定値がいちじるしく変動するばかりでなく，時として GM－管を破損する危険もある。測定時間は長いほど誤差を小さくしうるであろうが，実際的に乳牛を長時間静止状態に保持することは困難であり，この点から測定時間は2分内外が適当である。

また測定距離については前記のとおり測定距離が近いほど甲状腺の大きさの差による測定値の誤差が大きくなること，及び等価直径を求めるのになるべく遠く距つた2つの距離からの測定値の比を用いた方がより正確であることの二つの理由から測定距離はなるべく遠い方が望ましいが，しかしあまり遠いと測定は困難となるばかりでなく，投与沃度量も多量を要しかつまたそのために甲状腺の沃度摂取率を低下せしめる不利が伴うから，これらの点から考えて 5〜15 cm がよく，およそ 10 cm 前後の距離で測定を行うことが種々の点で便利であろうと考えられる。

4.　甲状腺の沃度摂取率について

第2表に見られるとおり 0.5 歳より 10 歳までに至る種々の年齢の牛に対して 0.167 MC の放射性沃度 I^{131} を経口投与して 24 時間後, 48 時間後, 及び 72 時間後における甲状腺の沃度摂取率を見るに大体 48～72 時間で最大摂取率に達し, 若齢のものほど摂取率は高く, 年齢が進むにつれて低くなる傾向が認められる。このことは甲状腺が動物の発育と密接な関係に在ることから当然考えられるところである。「アイコールグローリーアスター,」「アイコールネリーアスター」はともに誘起泌乳中の個体であるが, 48 時間後の摂取率に相当の差が見られることは泌乳量の差に原因するものと考えられ, 「文月」と「陽月」との間にも同じような傾向が認められる。「鴨月」が年齢の割合に高い摂取率を示しているのは妊娠末期にあつたためと考えられる。即ち妊娠末期において甲状腺機能が高まつていることは諸家の実験結果により明らかにされているところである(山本[14])。

このように甲状腺の沃度摂取率は年齢, 泌乳, 妊娠等の生理的条件によつてもそれぞれ異つているようであるが, 大体乳牛（ホルスタイン種）においては常温において犢 3～4 %, 成牛 1～2 %であり, 等価直径を 4 cm として計算してもまた 5.5 として計算してもそれほど大きな差を生じない。

沃度の投与量による摂取率の変化は前記のとおりである。

第3図　甲状腺の沃度摂取曲線

Fig 3　The curve of uptake of I^{131} by thyroid for 8 days after administration.

また第3図に見られるとおり甲状腺沃度摂取率は略々 48～72 時間で最高に達し, 爾後 5～7 日間略々同一水準を保ち後漸減するが, 相当量の I^{131} を投与した場合は 10～15 日後においてもなお相当の放射能が甲状腺に残存している。人体においては 24 時間後の摂取率を以て甲状腺の機能判定の基準にしているが, 牛体においては投与沃度量の異る場合は摂取速度と摂取率とは並行しないが, 同一量を投与した場合は大体摂取速度と最大摂取率とは並行するもののようであるので, 人体の場合と同じく 24 時間後の摂取率を以て甲状腺機能を推定することができるものと考えられる。

5.　投與された放射性沃度の排泄について

投与された I^{131} は尿, 糞, 乳汁中に排泄されるが, 最も多く排泄されるのは尿中であり, 次いで糞, 乳汁であつた。投与された I^{131} のうち各々どれだけが尿, 糞, 乳汁に排泄されるかについては現在測定中であるが, 静脈内に投与した場合でも既に 12 時間後の糞中に相当多量検出されたことから腸内排泄もまた相当速かに行われるものと考えられる。乳汁内には投与後 2～3 日の乳汁に検出され, 遠心分割によつて各蛋白成分を分別沈澱させたものについて放射能を測定したところ, 各分割に大差が見られないことから, 遊離の状態で存在している

らしく，WRIGHT 等[15]の実験結果と一致している。

このように投与された放射性沃度は尿，糞，乳汁に排泄されるから，実験に当つては実際に用いる個体を隔離して他に危険を及ぼさないようにすることが望ましく，同一舎内に放射能を持つた糞尿があると background を高くして測定を誤ましめる原因ともなる。乳汁に排泄される I^{131} は微量ではあるが，投与後2〜3日の乳は飲用に供しない方が安全であろう。このような乳汁は犢の哺育用に利用することができる。また糞尿は尿溜，堆肥場に置いても，I^{131} の半減期は僅か8日であるので，特に危険があるとは考えられない。

牛体に対する影響については，一時に 2 MC を投与した場合でも何等特記すべき異常を認めなかつたことから，特に障碍を与えることはないであろうと考えられる。

Ⅳ. 要　　約

放射性沃度を用いて乳牛の甲状腺機能を測定するための予備的実験を行つた。得られた結果の一部は次のとおりである。

1）同一単位の試料でもその面積によつて放射能測定値は異り，面積が大きくなると測定値は小さくなり，その関係は直線的であり，測定距離が近いほど直線の傾きは大きい。従つて甲状腺の放射性沃度摂取率を測る場合，甲状腺の大きさを決めることが必要である。

2）如何なる形状のものもある直径を持つた円型に対応させうるとの原理より，二つの異つた距離からの測定値の比から，甲状腺の対応させるべき円の直径を推定することができる。各直径に対する二つの距離からの測定値の比は曲線を示し，距離の距りの大きい二つの測定値の比ほど鋭い曲線を描くから，なるべく相距つた距離からの二つの測定値の比を求めた方が，より正確な対応させるべき円の直径一等価直径一を求めうる。

ホルスタイン乳牛の甲状腺の機能的等価直径は凡そ4〜6 cm と推定された。この値は解剖学的所見とあまり距つていない。

3）甲状腺の厚さを 1.0〜1.5 cm と推定し標準試料の液厚を 1.0〜1.5 cm として測定したことも略々妥当と考えられる。

4）測定には一定方向からの放射線のみを測るため鉛のシールドを用いる必要があり，測定距離は 10 cm 前後が種々の点で便利であり，かつ測定時間は2分内外が好都合である。

5）投与すべき I^{131} の量は牛の状態・外囲の環境によつて異るが，常温，常態においては 0.5 MC 前後が便利であり，経口投与が安全かつ簡易である。

6）甲状腺の最大沃度摂取率は常温において犢4〜5％，成牝牛1〜3％であり，若齢のものほど高く，老齢になるに従つて低くなる傾向が認められる。また姙娠中のものは高くことに姙娠末期のものは相当高い。泌乳中のものは乾涸のものより少し高く，乳量の多いものは少ないものより高いようであるが確定的ではない。

7）投与された放射性沃度は尿，糞，乳汁中に排泄される。

本実験を行うに際し，牛の甲状腺の解剖学的大きさについて種々ご教示を賜つた北海道大学獣医学部高畑倉彦助教授に厚く感謝を申上げる。

文　　献

1）THOMAS, J.W., L.A. MOORE, and J.F. SYKES (1949): Some effects of feeding thyroprotein to dairy cows during their first lactation. 〔J. Dairy Sci., Vol. 32. 278.〕

2）GARDNER, K. E. and T.W. MILLEN (1950): Thyroprotein for lactating cows in midsummer. 〔J. Dairy Sci., Vol. 33. 531.〕

3）SWANSON, ERIC W. (1951): The effect of feeding thyroprotein to dairy cows during the decline of lactation in successive lactations. 〔J. Dairy Sci., Vol. 34. 1014.〕

4）THOMAS, J.W. and L.A. MOORE (1953): Thyroprotein feeding to dairy cows during successive lactations. 〔J. Dairy Sci., Vol. 36. 657.〕

5）LONG, J.F., L.O. GILMORE, G.M. CURTIS, and D.C. RIFE (1952): Bovine protein-bound serum iodine and its relation to age and breed. 〔J. Dairy Sci., Vol. 35. 603.〕

6）LEWIS, R. C. and N. P. RALSTON (1953): Changes in the plasma level of protein-bound iodine in the young calf. 〔J. Dairy Sci., Vol. 36. 363.〕

7) LONG, J.F., J.W. HIBBS, and L.O. GILMORE (1953): The effect of thyroprotein feeding on the blood level of inorganic iodine, protein-bound iodine and cholesterol in dairy cows. 〔J. Dairy Sci., Vol. 36. 1049.〕

8) AMSCHLER, J.W. (1956): Untersuchungen über die Jodspeicherung der Schilddrüse bei Rindern in Freiland-und gewöhnlicher Stallhaltung, ausgeführt mit Radiojod, I^{131}. 〔Zeitschrift für Tierzüchtung und Züchtungsbiologie. Band 67. 305.〕

9) 山本 清 (1956) : 甲状腺ホルモンの作用機転〔生体の科学, 第7巻, 第7号, 340.〕

10) 石井淳一・土屋武彦 (1956) : I^{131} による甲状腺機能検査法, 〔最も新らしいホルモン検査法, 189〕

11) DOBBERSTEIN, J. und T. KOCH (1954): Lehrbuch der vergleichenden Anatomie der Haustiere, Band Ⅱ, Leipzig, S. 162.

12) ELLENBERGER, W. und H. BAUM (1921) : Handbuch der vergleichenden Anatamie der Haustiere, Berlin, S. 595.

13) CHAKRABORTY, K.P. (1956) : Variations in uptake and excretion of radioiodine in the rat following different modes of administration 〔J. Endocrinology, Vol. 13. 354.〕

14) 山本 清 (1956) : 〔内分泌機能の協関, 医学書院 P. 62.〕

15) WRIGHT, W.E., J.E. CHRISTIAN and F.N. ANDREWS (1955) : The mammary elimination of radioiodine. 〔J. Dairy Sci., Vol. 38 131.〕

Résumé

As part in a series of studies on the relation of thyroidal function to milk secretion, the present study was undertaken as a preliminary examination aimed to find some factors which would affect the results of estimation respecting uptake of I^{131} by the thyroid in dairy cattle. Some experimental results obtained are as follows:

1) As seen in Fig. 1, radio-activity of standard solution of I^{131} varies with the diameter of the solution and with the distance from sample to G. M-counter. There is a linear relationship between diameter of radiation source and its radioactivity and a curvilinear relationship between the ratio of 2 estimates of radioactivity from 2 different distances and the diameter of standard solution when the thickness of standard solution is kept uniform. As is known, any shape of radiation source can be made to correspond to a circle which has some given diameter and the diameter of this correspondend circle is named "equivalent-diameter". Therefore, it is possible to determine this equivalent-diameter of thyroid from the curve in Fig. 1 when the ratio of 2 estimates of radioactivity of thyroid from 2 different estimation distances is computed. The equivalent-diameter of thyroid in Holstein-Friesian cattle was determined as about 4.0～6.0cm as seen in Table 1. This value is not so far from the actual anatomical size of thyroid in dairy cattle. Similarly, the assumption that the thickness of thyroid is about 1.0～1.5cm can be regarded as appropriate.

2) When the same units of I^{131} solution were administered orally to cattle of different ages and of different cond tions, uptakes of I^{131} by thyroids were higher in young heifers than in older cows and higher in pregnant cows and in lactating ones than in non-pregnant cows and in dry ones, respectively.

3) Average uptake of I^{131} by thyroid after 24 hrs. was 3～4% in heifers and 0.8～1.0% in mature cows; maximum uptake of I^{131} was 4～5% in heifers and 1～3% in mature cows under normal feeding and management conditions.

4) When different units of I^{131} solution were administered to cattle which were kept under almost the same physiological conditions, higher uptake was attained in the case of small dose administration than large dose administration as shown in Table 3.

5) Highest uptake of I^{131} by thyroid was attained at 48～72 hours after administration

and almost the same level of uptake was maintained for 5~7 days as seen in Fig. 3

6) In order to estimate the uptake of I^{131} by thyroid and to determine the equivalent diameter of thyroid in dairy cattle, it is convenient to keep the G. M-counter at about 10 cm distance from the surface of skin at the site of the thyroid and to administer orally about 0.5 MC of I^{131} to a normal dairy cattle.

馬鈴薯の栄養生理学的研究

第2報　生育過程に伴う窒素化合物並びに炭水化物の消長

串　崎　光　男*

NUTRIO-PHYSIOLOGICAL STUDY OF POTATO PLANT

PART 2. SYNTHESIS AND TRANSLOCATION OF PROTEIN AND CARBOHYDRATE DURING THEIR GROWTH

By Mitsuo KUSHIZAKI

第1報に引続き馬鈴薯の生育過程に伴う無機要素の消長が有機体構成分，特に炭水化物及び窒素化合物の消長にいかなる関連をもつやを解析しようとして行つた。

従来馬鈴薯体内における炭水化物の消長に関して調査されたものはかなり報告されている。WILFARTH (1906)[1] は生育過程の養分吸収経過を調査した際各器官についてその全炭水化物含量を測定し，WAGNER (1933)[2] は同じく養分吸収経過と関連して種子薯及び新塊茎について澱粉含量の推移を調査した。さらに DAVIS ら (1915〜16)[3] は葉及び茎の糖含量の日変化を，また WATSON (1936)[4] は加里施用量の差が葉の糖含量の変化に如何に反映するかを検討し，SINGH (1938)[5]は貯蔵中の塊茎内糖含量の消長を調査し，APPLEMAN (1926)[6] は塊茎成熟過程の糖含量の変化を調べているが，何れも生育過程の全期に亘つて各器官の調査を行つたものではない。田川[7][8][9][10]は馬鈴薯の生理形態学的研究という一連の報告の中で広く茎葉部及び塊茎部の窒素化合物及び炭水化物の消長を調査しているが，著者はなおこれらの消長を無機要素の吸収移動の様相と関連して，馬鈴薯の生育過程の基礎知識を得るためこの実験を行つた。

實驗計畫及び實驗法

分析試料は第1報に示した各時期に採取したもので，試料採取時期は第1報に準じⅠからⅨまでと表記する。

各時期に採取時刻を午前9時に定め圃場より抜取つた株は迅速に水洗し，附着泥土を除き水を拭いとりこれを葉，茎，塊茎の3部に区分し，それぞれ細切し良く混合したのち，その適当量を秤取し95％煮沸アルコール中に投じ，終濃度80％となし30分〜1時間静かに煮沸し分析に供した。

炭水化物分析法[11]

1. 還元糖　80％アルコールで反復抽出した後，アルコールを蒸発除去し，温水に溶解し，飽和中性醋酸鉛液を加えて除蛋白，更に Na-oxalate をもつて脱鉛，トルオール2滴を加えて0°Cに1夜放置後沈澱を濾別し，濾液を供試糖液となした。この一定量をとり Micro-BERTRAND 法で還元力を測り，これを還元糖となして Glucose として示した。

2. 非還元糖[12]　供試糖液 25 c.c. に1％ HCl 2.5 c.c. を加え，30分間煮沸湯浴上で加水分解せしめ速かに流水中で冷却し NaOH で中和後，一定量をとり Micro-BERTRAND 法で還元力を測定し Glu-cose として表示した

3. 粗澱粉[13]　糖定量用アルコール抽出の残渣は乾燥してアルコールを除去したのち，300 c.c. 丸底フラスコに移し，2.5％ HCl を加え煮沸，湯浴中 2.5 時間加水分解後 NaOH で中和し，BERTRAND 法をもつて還元糖を測定し粗澱粉とした。

4. 純蛋白[14]　5g前後秤量した試料は乳鉢で磨砕し 55°C以下の温水で10〜30分浸出後濃厚明礬液少量を加え STUTZER 試薬で蛋白を沈澱せしめ，1夜放置後濾別し沈澱は常法によつて分解した後その窒素含量を測定した。

* 農芸化学部土壌肥料第3研究室

實驗結果及び考察

1. 蛋白及び炭水化物含有率の消長　生育経過に伴う粗蛋白（全窒素×6.25），純蛋白（蛋白態窒素×6.25）及び炭水化物含有率（可溶性炭水化物＋粗澱粉）の推移は第1表及び第1図に示した如くである。

第1表　馬鈴薯各部位の蛋白及び炭水化物含有率（Glucose としての乾物%）

Table 1　Protein and carbohydrate contents in each part of potato plant at different stages of growth (% of Dry matter basis and calculated as glucose).

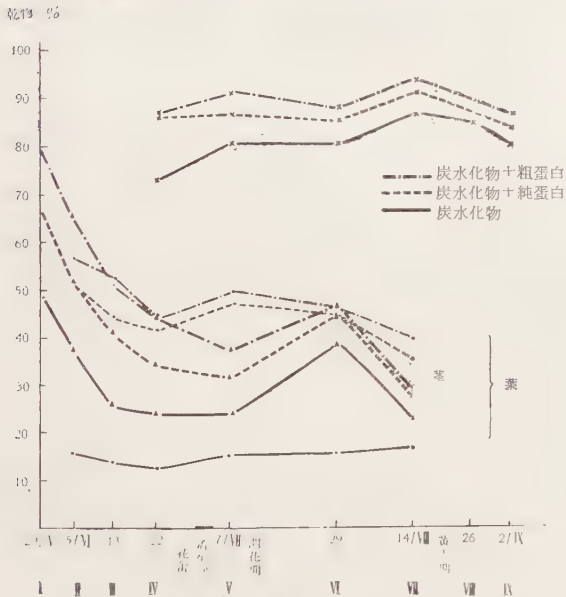
成分	部位＼生育期	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
		5月29日	6月5日	6月13日	6月22日	7月7日	7月29日	8月14日	8月26日	9月2日
炭水化物	葉	-	15.82	13.60	12.45	15.03	15.56	16.60	-	-
	茎	49.11	37.60	25.55	23.87	23.92	38.30	22.13	-	-
	塊茎	-	-	-	72.89	80.42	80.10	86.39	84.79	79.98
粗蛋白	葉	-	40.69	38.90	32.06	34.25	30.63	22.75	-	-
	茎	30.63	27.94	25.19	20.06	13.13	8.56	7.06	-	-
	塊茎	-	-	-	13.94	10.56	7.25	7.25	-	6.75
純蛋白	葉	-	34.44	30.56	28.88	31.75	28.88	18.63	-	-
	茎	17.81	13.69	15.50	10.44	7.38	6.63	5.06	-	-
	塊茎	-	-	-	12.81	6.25	4.85	4.47	-	3.81

第1図　馬鈴薯各部位の蛋白及び炭水化物含有率（Glucose としての乾物%）

Fig. 1　Protein and carbohydrate contents in each part of potato plant at different stages of growth (% of dry matter basis, calculated as glucose).

葉の炭水化物は最も低く開花期以後殆ど変動がない，これに比べて蛋白の含量は遙に高くしかも粗蛋白と純蛋白の差は僅少で開花期以後幾分低下の傾向を示す。莖では葉に比べてその炭水化物含量はかなり高く，萌芽直前非常に高い値を示して萌芽と共に低下するが，その後は開花期まで変化なくその後VI期に急激に濃度が高まつて再び黄変期には低下を示している。蛋白含量は生育と共に徐々に低下し炭水化物含量に比べると粗蛋白として見てもかなり濃度が低い。粗蛋白と純蛋白は略々類似の推移を示すが，両者の差は生育の進むに従つて次第に小となる。

塊莖の炭水化物含量は勿論極めて高く乾物%では黄変期まで上昇するが，その後は幾分低下し蛋白は肥大が進むにつれて次第に低下し，粗蛋白，純蛋白共にその傾向は同一である。

2. 蛋白及び炭水化物絶対量の消長　各生育時期における絶対量を算出し最大値に達した時にこれを100として各時期の比率の推移を示すと第2表，第2図に示した如くである。

炭水化物は枯凋期に最高に達するが，開花期から黄変期に亘る間その生成は最も顕著である。一方蛋白はかなり早くその生成を完了し開花終直後にはすでに完了を見ており，簇生期より開花期に亘るその生成は極めて著しい。従つて個体として栄養器官の発達は開花期までに殆ど完成を見，その後は増殖器官の発達に重点が移行すると見られる。馬鈴薯塊莖は地下莖の肥大したものであるから，栄養器官の範疇に入るものであるが，そこで行われる代謝の質的様相から見ると開

第2表　1株当り各成分絶対量（g）

Table 2　Amounts of each component (g/stock).

成分	部位＼時期	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
炭水化物	葉	-	0.0997	0.4036	2.1202	4.3617	4.1246	4.1078	-	-
	茎	0.1962	0.2427	0.1962	1.0136	2.3489	4.8833	2.8194	-	-
	塊茎	-	-	-	0.2260	15.1270	69.1263	141.3427	157.9722	156.3849
	計	0.1962	0.3424	0.5998	3.3598	21.8376	78.1342	148.2699	157.9722	156.3849
	最高を100とした割合	0.12	0.21	0.37	2.06	13.82	48.55	93.80	100.00	99.00
純蛋白	葉	-	0.2169	0.9019	4.8731	9.2139	7.6359	4.6144	-	-
	茎	0.0706	0.0881	0.1188	0.4431	0.7247	0.8453	0.6446	-	-
	塊茎	-	-	-	0.0400	1.4096	4.1856	7.3134	-	7.4497
	計	0.0706	0.3050	1.0207	5.3562	11.3482	12.6668	12.5724	-	7.4497
	最高を100とした割合	0.55	2.43	7.92	42.35	89.50	100.00	99.20	-	58.75
粗蛋白	葉	-	0.2563	1.1553	5.4149	9.9394	8.0986	5.6306	-	-
	茎	0.1225	0.1816	0.1940	0.8526	1.2894	1.0914	0.8994	-	-
	塊茎	-	-	-	0.0432	1.9863	6.2568	11.8617	-	13.1983
	計	0.1225	0.4379	1.3493	6.3107	13.2151	15.4468	18.3917	-	13.1983
	最高を100とした割合	0.67	2.36	7.34	34.32	71.90	84.00	100.00	-	71.25

第2図　1株当り各成分絶対量の最高時を100とした比率

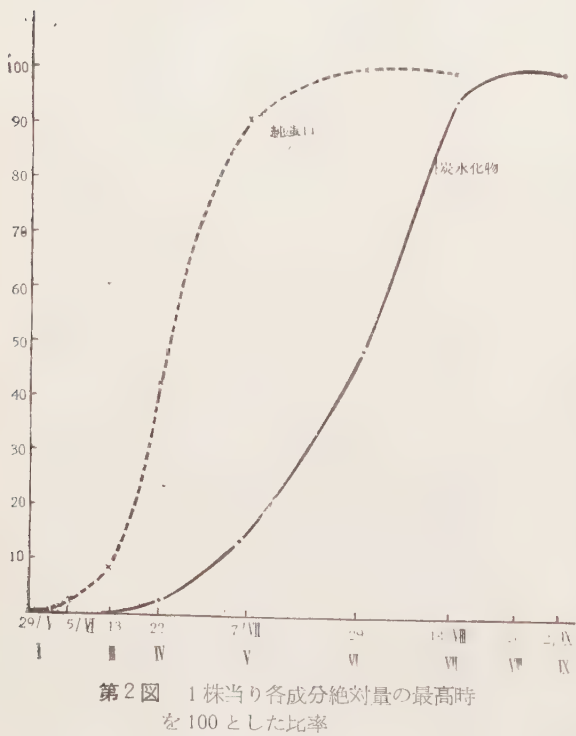



Fig. 2　The ratio of accumulation of protein and carbohydrate per stock.

花期を境にしていわゆる栄養生長と生殖生長なる2つの生育段階に相応する生育相が認められるもので，塊茎部の肥大発育，澱粉の蓄積は開花期後の同化量に左右される所が大であると考えられる。これは病害防除その他実際上の肥培管理に際しても重要な意義を有することが推察される。

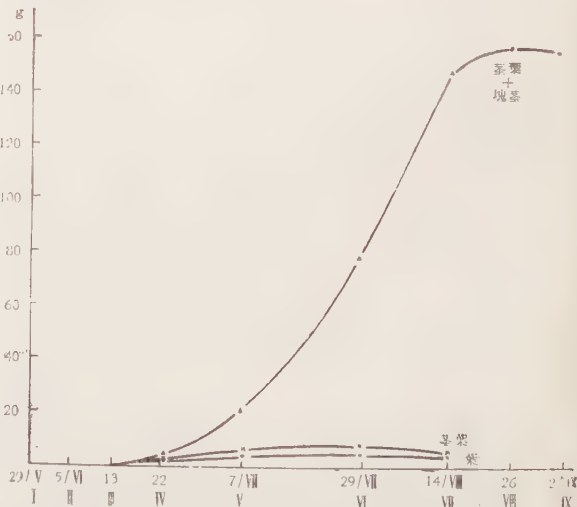
更に第2表に基いて各部位の炭水化物絶対量の推移を示すと第3図の如くである。

第3図　各部位の炭水化物絶対量 (g/stock)

Fig. 3　Amount of total carbohydrate in each plant part (g/stock).

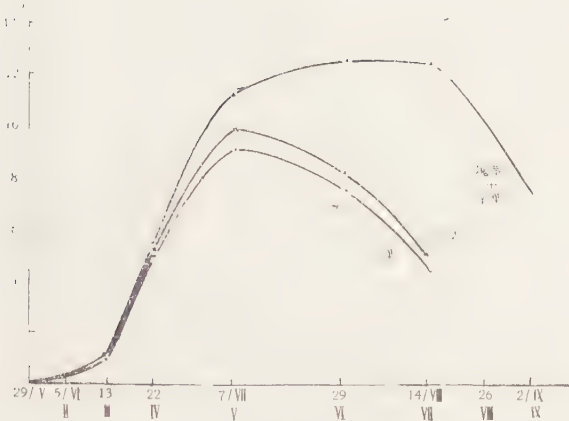
茎と葉の含量には大差なく且つ開花以後には殆ど増加が見られないが，塊茎部の著しい増大が認められる。同じく第2表に基いて各部位純蛋白絶対量の推移を示すと第4図の如くである。

第4図　各部位の純蛋白絶対量 (g/stock)

Fig. 4　Amount of pure protein in each plant part. (g/stock).

葉部の絶対量が目立つて高く開花期まで増加しその後は低減する，茎の含量は低く概して変動が少ないので地上部全体としては開花期まで増加しその後低下を示すこととなる。塊茎部では黄変期まで増加するが個体全体として見ると29/Ⅶまで増加しその後は変らない，従つてこの時期までは吸収並びに転流によつて塊茎に移動するNは塊茎の組織形成に主要な寄与をしていると考えられる。

3.生育過程に伴う各部の炭水化物含量の消長　馬鈴薯各部の還元糖，非還元糖，粗澱粉含有率は第3表の如くである。

第3表に基づいて葉，茎，塊茎の各部について還元糖，非還元糖，粗澱粉含有率の推移を図示すると第5，6，7図の如くである。

第3表　各形態炭水化物含有率（Glucose としての乾物%）

Table 3　Contents of each carbohydrate fraction (% of dry matter basis, as glucose).

成分	部位＼時期	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅵ	Ⅶ	Ⅷ	Ⅸ
還元糖	葉	-	2.35	1.41	1.84	3.08	3.49	4.06	-	-
	茎	27.77	18.50	6.30	7.19	10.15	17.98	8.46	-	-
	塊茎	-	-	-	6.99	2.68	1.00	0.31	-	0.21
非還元糖	葉	-	0.26	0.11	0.67	0.62	1.06	1.16	-	-
	茎	1.87	0.97	1.95	1.75	trace	0.21	-	-	-
	塊茎	-	-	-	1.05	5.00	3.43	1.42	-	0.58
粗澱粉	葉	-	13.21	12.08	9.98	11.33	11.01	11.37	-	-
	茎	19.47	18.14	17.32	14.92	13.78	20.11	13.68	-	-
	塊茎	-	-	-	64.85	72.74	75.67	84.67	83.61	79.19

第5図　葉の各種炭水化物含有率

Fig. 5　Content of each carbohydrate fraction in leaves (% of dry matter basis, as glucose).

第6図　茎の各種炭水化物含有率

Fig. 6　Content of each carbohydrate fraction in stalk (% of dry matter basis, as glucose).

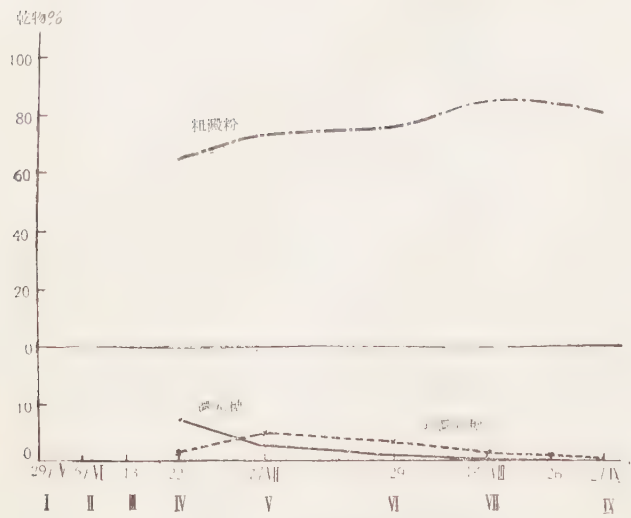
第5図に見る如く，葉では還元糖，非還元糖は13/Ⅵまで低下するが，その後次第に上昇し，開花期以後はその上昇程度は僅かである。粗澱粉は22/Ⅵまで低下しその後開花期に向つて

第7図 塊茎の各種炭水化物含有率

Fig. 7 Content of each carbohydrate fraction in tuber. (% of dry matter basis , as glucose)

上昇しその後の値は変化が見られない。

第6図に見る如く茎の還元糖は極めて低く還元糖の濃度は著しく高く萌芽直前においては実に28％の高さを示し，地上に萌芽するや急激に低下し 13/VI には最低値に達するが，開花期に向つて再び増大し 29/VII を頂点に再び低下を示す。粗澱粉の変動は概して少なく，開花期までは幾分低減しその後一度増大するが 29/VII以後は再び低下してしまう。

塊茎の還元糖は塊茎肥大の初期に高く，肥大と共に低減し，非還元糖ははじめ低く一旦上昇するが，その後徐々に低下し澱粉は黄変期までは塊茎の肥大と共に上昇するがその後は幾分低下が認められる。

次にこれら炭水化物の絶対量を算出して表示すると第4表の如くである。

これによつて還元糖，非還元糖，粗澱粉の消長

第4表 炭水化物絶対量の消長 (g/株)

Table 4 Amount of each carbohydrate fraction in each part (% of dry matter basis, as glucose).

成分	部位 ＼ 時期	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
還元糖	葉	-	0.0148	0.0418	0.3164	0.8938	0.9228	1.0051	-	-
	茎	0.1109	0.1194	0.0485	0.3054	0.9967	2.2925	1.0808	-	-
	地上部計	0.1109	0.1342	0.0903	0.6218	1.8905	3.2153	2.0859	-	-
	塊茎	-	-	-	0.0217	0.5041	0.8630	0.5072	-	0.4106
	計	0.1109	0.1342	0.0903	0.6435	2.3946	4.0783	2.5931	-	0.4106
非還元糖	葉	-	0.0016	0.0034	0.1187	0.1799	0.2803	0.2875	-	-
	茎	0.0075	0.0062	0.0149	0.0742	-	0.0268	-	-	-
	地上部計	0.0075	0.0078	0.0183	0.1929	0.1799	0.3071	0.2875	-	-
	塊茎	-	-	-	0.0033	0.9405	2.9601	2.3233	-	1.1341
	計	0.0075	0.0078	0.0183	0.1962	1.1204	3.2672	2.6108	-	1.1341
粗澱粉	葉	-	0.0833	0.3584	1.6851	3.2851	2.9110	2.8152	-	-
	茎	0.0778	0.1171	0.1328	0.6340	1.3532	2.5640	1.7428	-	-
	地上部計	0.0778	0.2004	0.4912	2.3191	4.6383	5.4750	4.5580	-	-
	塊茎	-	-	-	0.2010	13.6824	64.3032	138.5286	155.7738	154.8402
	計	0.0778	0.2004	0.4912	2.5201	18.3207	69.7782	143.0866	155.7738	154.8402

を図示すると第8図，9図，10図の如くである。

葉では開花期まで上昇してその後変化なく，茎では 29/VII まで顕著に増大しその後低減する。塊茎では茎と同様であるがその絶対量は遥かに少ない。従つて個体について見ると 29/VII まで著しく増加し，これを頂点として以後低減することになる。

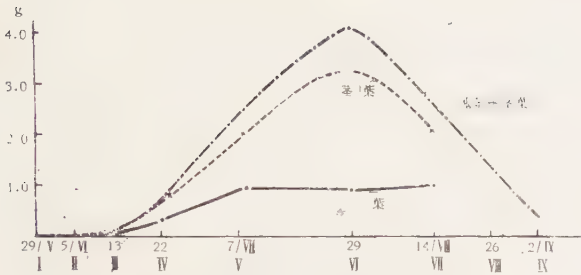
非還元糖は地上部について見ると大部分は葉で占められ，茎には非常に少量である。一方生育が進むにつれて葉部に増加し，花蕾着生期頃より以後はそれ以前に比べてかなり多くなることが見られる。塊茎では 29/VII まで著しく増加しその後低下している。非還元糖が地上部から塊茎えの転流形態ならば茎部の濃度が高く出ても良さそうに思え

第8図　各部位における還元糖（g/株）

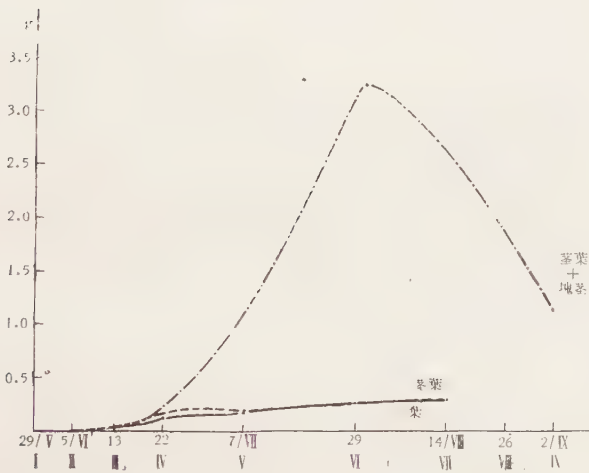
Fig. 8　Amount of reducing sugar in each part (g/stock).

第9図　各部位における非還元糖（g/株）

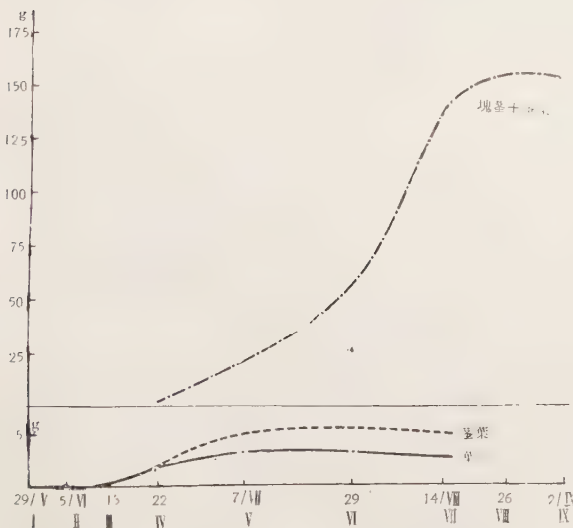
Fig. 9　Amount of non-reducing sugar in each part (g/stock).

第10図　各部位における粗澱粉の含量（g/株）

Fig. 10　Amount of crude starch in each part (g/stock).

るが事実は反対であるので，塊茎部非還元糖の増大は何を意味するものか検討して見る必要がある。

粗澱粉は地上部は開花期まで上昇してその後は変動が小さいし，茎の絶対量は概して少ない，一方塊茎では肥大と共に急激に増大し，開花期から黄変期にかけて著しく上昇することが認められる。

4.馬鈴薯の生育過程における種子薯中の炭水化物含量の推移　種子薯中の乾物，窒素，燐酸，加里，石灰が播種後如何に変動するかは既に第1報[20]で述べたところである。この場合各形態別炭水化物が如何に変動するかに就いて検討した。なお試料採取時期は第1報に示したとおりであるが，重ねて記載すると次のとおりである。

A	I	II	III	IV	V
播種期	萌芽直前	萌芽直後	簇生期	花蕾着生期	開花期
2/V	24/V	5/VI	13/VI	20/VI	4/VII

生育に伴う新鮮物中炭水化物含量の推移は第5表，第11図に示した如くである。

第5表　種子薯中炭水化物含有率

Table 5　Content of each carbohydrate fraction in seed potato. (A : Fresh weight basis, B : Dry weight basis)

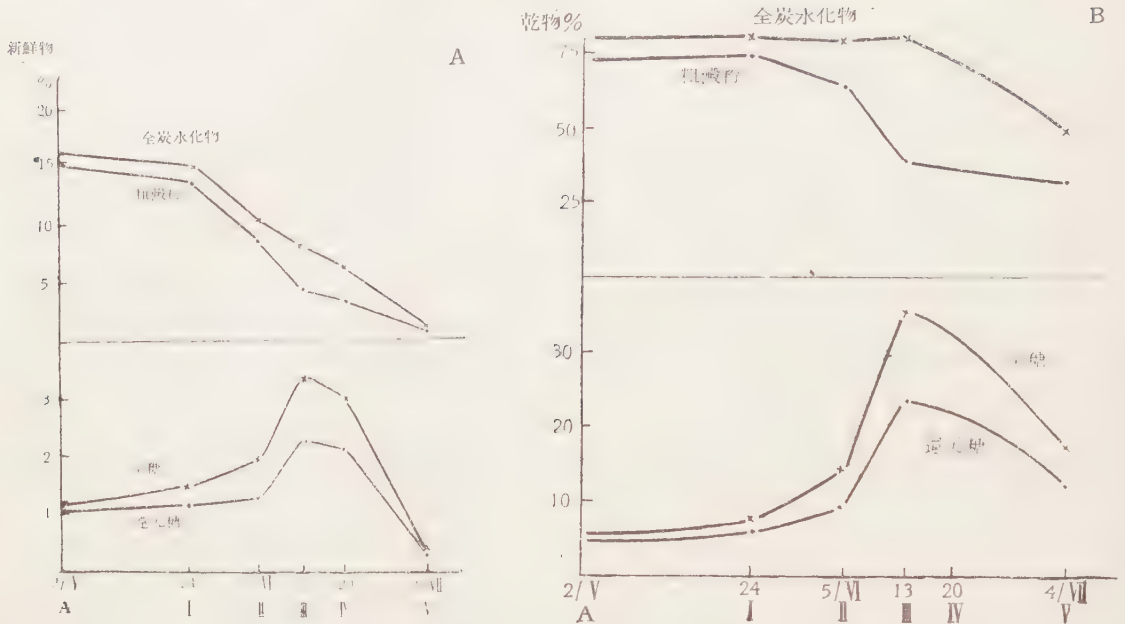
	成分＼時期	A	I	II	III	IV	V
A 新鮮物中	還元糖	1.04	1.14	1.29	2.26	2.08	0.26
	非還元糖	0.13	0.32	0.67	1.11	0.91	0.11
	全糖	1.17	1.46	1.96	3.37	2.99	0.37
	粗澱粉	15.00	13.75	8.58	4.17	3.30	0.65
	全炭水化物	16.17	15.21	10.54	7.54	6.29	1.02
B 乾物中	還元糖	4.89	6.07	9.58	23.74	-	12.12
	非還元糖	0.59	1.70	4.95	11.67	-	5.09
	全糖	5.48	7.77	14.53	35.41	-	17.21
	粗澱粉	70.44	73.12	63.51	43.70	-	30.61
	全炭水化物	75.92	80.89	78.04	79.11	-	47.83

第11図 種子芋中の炭水化物含量

Fig. 11 Content of each carbohydrate fraction in seed potato.
(A : Fresh weight basis, B : Dry weight basis)

新鮮物に対する含有率を見ると5/VIまでは還元糖，非還元糖が僅かに上昇するが，その後急に上昇し4/VIIに至つて再び著しく低下する，粗澱粉，全炭水化物は24/Vまでは僅か低下するだけであるが，その後は急激な低下を示す。これを乾物%で示すと第5表B，第11図Bの如くで，還元糖，非還元糖は新鮮物%と同じ推移を示し粗澱粉もまた同様の傾向を示しているが，全炭水化物は13/VIまでほとんど一定で4/VIIに至つて急激に低下を示す。このことから前報で触れた如く4/VIIには組織の崩壊分解の起つていることが考えられる。これらの推移より物質の移動を考えることは，同一個体に就いて測定しているのでないために非常に困難が伴うが，A—IIIの間乾物中の全炭水化物は一定と見られるし新鮮物について見るとI以後に澱粉の低下が著しくなることは，Nが失われるにつれて，乾物は炭水化物が主となり，しかも粗澱粉は可溶性炭水化物に転ずることを意味するのであろう。また新鮮物中の全炭水化物の変化から見ると萠芽直前から可成りのものが失われたと考えられ，芽生の構成材料及び呼吸基質として移動したものであると推定される。

5.馬鈴薯萠芽前後における体内遊離アミノ酸のペーパークロマトグラフイーによる検出 1951年及び1952年の2箇年馬鈴薯の萠芽前後を主眼として体内遊離アミノ酸の検出を行つたものである。実施要領は略々常法[15)16)17)18)19)]によるが1951年度は圃場より採取せる個体を生体重で約5g秤取し80%エタノールで抽出せる搾汁を供試液として風乾しながら原点に滴下したが，1952年度は葉身部のクロロフイルによる妨害を除去するため生体をアルコール抽出した後，40～45°Cの湯浴中で加温しながら減圧濃縮し，シラツプ状になつた抽出液を供試液として展開を行つた。

（a） 実験要領（1951年）

(1) 溶　媒　20%含水フエノール，ブタノール酢酸水（4：1：1），メタクレゾール（m-cresol 90 c.c. 0.1% NH_4OH 10 c.c.).

(2) 濾紙及び展開方法　東洋濾紙 No. 2 または No. 50，一次元上昇法，展開距離約20 cm.

(3) 呈色剤　0.2% Ninhydrin ブタノール溶液.

上記要領で対照として次の標準アミノ酸を同一条件で展開せしめRf色調，相対位置より該当アミノ酸を推定した結果は第6,7表の如くである。

（b） 実施要領（1952年）

1951度と同様でただ phenol-m-cresol phenol-buthanol-acetic acid の上昇法二次元展開によつて特に萠芽前後の比較を行つたもので，その結果は第8,9表に示した如くである。

第6表　各生育時期毎に検出された Rf. 値

Table 6 Rf of identified amino acids during potato plant growth.

8/VI		12/VI				26/VI					
芽生		葉		茎		葉		茎		塊茎	
m-cresol	phenol	m-cresol	phenol	m-cresol	phenol	m-cresol	phenol	m-cresol	phenol	m-cresol	phenol
0.027	0.11	0.03	0.11	0.032	0.11	0.07	0.11	0.352	0.12	0.04	0.05
0.08	0.20	0.11	0.21	0.091	0.20	0.17	0.21	0.24	0.36	0.08	0.15
0.17	0.31	0.19	0.31	0.17	0.29	0.36	–	0.10	0.58	0.17	0.28
0.40	0.37	0.43	0.53	0.408	0.36	–	–	0.56	0.65	0.38	0.51
0.71	0.57	–	0.74	0.72	0.54	–	–	–	0.75微	0.017	–
–	0.75	–	–	–	0.74	–	–	–	0.19	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	0.48	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

20/VII						31/VIII		10/IX	
葉		茎		塊茎		塊茎		塊茎	
m-cresol	phenol	m-cresol	phenol	m-cresol	phenol	m-cresol	phenol	m-cresol	phenol
0.035	0.191	0.069	0.215	0.03	0.112	0.020	0.086	0.022	0.066
0.075	0.346	0.175	0.298	0.059	0.201	0.041	0.186	0.080	0.095
0.136	–	0.413	0.372	0.095	0.294	0.088	0.282	0.178	0.153
–	–	–	0.548	0.195	0.350	0.197	0.365	0.477	0.229
–	–	–	0.711	0.439	0.505	0.500	0.526	0.839	0.320
–	–	–	–	–	0.654	0.843	0.695	–	0.392
–	–	–	–	–	–	–	–	–	0.473
–	–	–	–	–	–	–	–	–	0.654
									0.401
									0.851

第7表　呈色スポットの同定

Table 7 Identification of spots.

時期及び部分			Glutamic acid	Aspartic acid	Glutamine	Asparagine	Valine
8/VI	萌芽直前	芽生	+	+	+（又は Alanine）	+	+
12/VI	萌芽直後	葉	+	+	+（又は Alanine）	+	+（微）
		茎	+	+	+	+	+（又は Phenyl alanine）
26/VI	花蕾着生期	葉					+
		茎	+	+	+（又は Alanine）	+	
		ストロン	+	+	+	+	+（又は Methionine）
		塊茎	+（又は Arginine）	+	+（又は Alanine）	+	+
20/VII	開花盛期	葉	+				
		茎	+		+（又は Alanine）	+（又は Glycine）	+（又は Methionine）
		ストロン	+	+	+（又は Alanine）	+（又は Glycine）	+
		塊茎	+	+	+（又は Alanine）	+（又は Glycine）	+
3/VII	開花終	塊茎	+	+	+（又は Alanine）	+（又は Glycine）	+
10/IX	枯凋期	塊茎	+（又は Arginine）	+	+（又は Alanine）	+	+

時期及び部分			Tryptophane	phenyl alanine	Alanine	Glycine	Methionine	Arginine
8/VI	萌芽直前	芽生	+この何れか		+（又はGlutamine）			
12/VI	萌芽直後	葉		+	+（又はGlutamine）			
		茎		+（又は Valine 又は Tryptophane）				
26/VI	花蕾着生期	葉			+			
		茎				+		
		ストロン						
		塊茎			+（又はGlutamine）			+（又はGlutamic acid）
20/VII	開花盛期	葉			+?	+		
		茎			+（又はGlutamine）	+（又はCysteine）	+（又は Valine）	
		ストロン			+（又はGlutamine）	+（又はAsparagine）	+（又は Valine）	
		塊茎			+（又はGlutamine）	+（又はAsparagine）		+
31/VII	開花終	塊茎		+?	+（又はGlutamine）	+（又はAsparagine）		
10/IX	枯凋期	塊茎		+	+（又はGlutamine）	+		

第8表　萌芽前後に検出された Spots の Rf 値

Table 8　Rf value of identified spots before and after emergence.

24/V				3/VI			
芽生				葉			
phenol	BuOH-CH_3COH	phenol	m-cresol	phenol	BuOH-CH_3COH	phenol	m-cresol
0.07	0.06	0.12	0.015	0.10	0.067	0.12	0.01
0.10	0.18	0.20	0.010	0.20	0.120	0.22	0.03
0.21	0.14	0.28	0.05	0.305	0.230	0.35	0.09
0.30	0.09	0.34	0.09	0.343	0.133	0.27	0.11
0.49	0.12	0.48	0.21	0.520	0.098	0.54	0.19
0.48	0.23	0.62	0.42	0.682	0.238	0.52	0.44
0.66	0.40	0.70	0.70	0.552	0.059	0.72	0.45
0.71	0.26	-	-	0.781	0.412	-	-
0.73	0.52	-	-	0.82	0.54	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-

3/VI				標準アミノ酸			
茎					Rf 値		
phenol	BuOH-CH_3COH	phenol	m-cresol		phenol	m-cresol	BuOH-CH_3COOH
0.134	0.06	0.14	0	グルタミン	0.55	0.24	0.14
0.215	0.077	0.24	0	アスパラギン酸	0.09	0.02	0.12
0.246	0.098	0.28	0	アスパラギン	0.33	0.09	0.09
0.323	0.084	0.36	0.02	グルタミン酸	0.13	0.02	0.16
0.387	0.07	0.54	0.06	アラニン	0.52	0.20	0.22
0.574	0.112	0.74	0.27	グニシン	0.31	0.09	0.13
0.581	0.22	0.81	0.39	ロイシン	0.83	0.59	0.59
0.856	0.42	-	-	チロシン	-	0.08	0.30
0.84	0.48	-	-	アルギニン	0.59	0.47	0.14
0.91	0.59	-	-	システイン	0.14	0.02	0.06

第9表 同定されたアミノ酸

Table 9 Identified amino acids.

	24/V	3/VI	
	萠芽直前	萠芽直後	
	芽生	葉	茎
1	Aspartic acid 又は Cysteine	Aspartic acid 又は Cysteine	Aspartic acid 又は Cysteine
2	Glutamic acid	Glutamic acid	Glutamic acid
3	Glycine	Glycine	Glycine
4	Asparagine	Asparagine	Asparagine
5	Glutamine	Glutamine	Glutamine
6	Alanine 又は Arginine	Alanine	Arginine Alanine
	その他 Valine Leucine, Tyrosine Methionine, Phenylalanine と思われるもの数種	その他 Valine, Leucine, Methionine, Phenyl alanine と思われるもの数種	その他 Valine, Leucine, Methionine, Phenyl alanine と思われるもの数種

馬鈴薯塊茎の遊離アミノ酸の検出については幾つかの報告があり，20種余のアミノ酸が確認されるといわれているが，われわれの行つた結果では10種類程度のものが検出出来たに過ぎない。しかも各 Spot についてその種類を断定し得る場合は少なく Rf 値の近似したものは重なり合つて現われる機会も多く，また必らずしも Rf 値だけからは断定出来ないので，推定の部分が多くなることは避けられない。しかしながらこの範囲で考察するに萠芽前後，あるいは各器官相互の間に著しい差異があるとは認められないようである。ただ Spot の色調及び広さの点から定性的な比較を試みれば露出直後は萠芽前に比べて Glycine, Asparagine Glutamine の spots が大きく，また萠芽後の茎では Glutamine が非常に広大な Spot となつて現われ， Asparagine がこれに次ぎ， Glycine, Aspartic acid, Glutamic acid がこれに次ぐように見受けられる。

このことは Aspartic acid, Glutamine acid, 及びその Amide, 及び Alanine, 等が広く常に主体をなして分布しているものであることを推定せしめるものである。

論　　議

播種された種子薯は次第に水分含量を増し，従つて相対的に無機要素が低下したが，炭水化物では全炭水化物，粗澱粉は著しく低下する反面還元糖，非還元糖は著しく濃度が高まるところから，澱粉が急速に可溶性の糖に変化することが考えられ，その結果が滲透圧の上昇を来し水分吸収を惹起すものであろう。残存する乾物中にはなお炭水化物が大部分であるから乾物中の全炭水化物含有率はほとんど変化しない。種子薯の重量及び貯蔵物質の分解状況には個体間の差の大なることは一見して明らかであるので，炭水化物の移動消失を量的に適確に捉えることは到底出来ない。しかし5月24日以後の全炭水化物含有率の目立つた減少は相当部分が芽生えに移行し体構成並びに呼吸に利用されていると考えることは間違いないことであろう。

茎の炭水化物は6月22日までの蛋白の急速な増加によつてその含有率は低下するが，その後同化作用が強まるに従つて含有率も高まり開花期に達する。茎では種子薯からの転移に基いて光合成を行い得ない状態に置かれている芽生えにおいて実に乾物の50％に達する炭水化物を含有するが，そのうちで還元糖は地上に萠芽すると共に急激に低下し，粗澱粉も開花期頃まで急速な蛋白形成に伴つてその濃度は低下する。開花期以後は地上部の生長は非常に鈍るのと同化作用が高まることから茎の還元糖，粗澱粉の含有率も再び上昇するに至るものと見られる。

葉は蛋白に富んでいるが炭水化物の含量は少なく，かつ生育期間中に変動の少ないことから，同化作用の場として重要な意義を有するが，同化生成された炭水化物を蓄積するものではなく，茎は生育前半においては，個体の体構成という意味で蛋白含量は可成り高いが，開花期を過ぎると炭水化物の転流の場として，炭水化物含量の変動を良く反映し，かつ相対的に蛋白含量が著しく低下するものである。

塊茎は開花期よりその発達は著しくなり，可溶性の糖は次第に低減し澱粉が増加するが，個々の炭水化物に就いて見ると開花期以後茎の還元糖はその含量が著しく増加することから転流形態としての意味が推定されるが，塊茎部で非還元糖が一時増加して来る点についてはなお検討を加える必要があろう。

播種後光合成を行わない環境下で，種子薯から窒素及び炭水化物の供給を受けている芽生えの窒素化合物と，萠芽後の葉及び茎におけるそれとを

Paperchromatography で比較した結果特に著しい差異を検出することは出来ず，萌芽後の葉では Glutamine, または Alanine の何れかと Asparagine が強く現われ，茎では Glutanine または Alanine に相当する部分が強く現われたに過ぎないが，更に量的な関連を検討する必要があろう。

要　　約

馬鈴薯の生育過程を解析する一環として炭水化物，蛋白質の消長を検討した結果，次の如き結果を得た。

1．葉では純蛋白の含量が高く，炭水化物は生育期間の含有率はほとんど変動なく，蛋白に比べてその含有率は可なり低い。これは同化の場としての役割が主で，炭水化物の蓄積は行われないことによるのであろう。

茎では地上に萌芽すると還元糖は急激に低下し粗澱粉も低下するが，開花期以後は同化と転流が最も高まる如く茎の炭水化物，殊に還元糖は著しく増大して蛋白質の割合は低下し，同化物質の転流の場としての性格を反映しているものと考えられる。塊茎では炭水化物が大部分を占め，蛋白質は塊茎の肥大とともに漸次低下が見られる。

2．開花期までの蛋白質の形成は著しく，炭水化物は開花期以後黄変期までの増加が著しい。地上部の形成は開花期までほとんど完了し，この頃から同化作用が旺盛となり，塊茎への炭水化物の転流蓄積が著しくなり，それに伴つて無機要素，殊に窒素，燐酸，加里が塊茎部に著しく集積するので，生育後期までの養分供給と開花期以後の地上部を健全に管理することが極めて大切である。

3．開花期以後茎での還元糖の著しい増加から転流形態としては還元糖を考えたいが，塊茎部での非還元糖の増加も見られるので，なお検討の余地がある。

4．種子薯では播種後水分が増加し，粗澱粉は減少し還元糖，非還元糖は増加する。新鮮物中の全炭水化物含有率は低下するが乾物の大部分は炭水化物であるので乾物中の全炭水化物含有率は変化しない。第Ⅴ期に至ると何れも急激に含量を低下し組織の崩壊分解が認められる。

終りに臨み終始ご懇篤なご教示を賜つた北海道大学農学部教授石塚喜明博士，農林省北海道農業試験場農芸化学部長西潟高一技官に深甚の謝意を表すると共に実験に協力を頂いた，江原智恵子，千葉慶悦，島上英雄の三氏に衷心より感謝します。

文　　献

1) WILFARTH H., H. RÖMER u. G. WIMMER : 1906, Die Landwirtschaftlichen Versuchs-Stationen. Bd. 63, S. 1.

2) WAGNER H. : 1933, Zst. für pflanzenernähr. u. Düngung. Bd. 30. A. Teil, S. 232.

3) DAVIS W.A. and G. L. SAWYER : 1915, Jour. Agr. Sci., Vol. 7, S. 352.

4) WATSON D. J. : 1936, Ann. Bot. Vol. 50, P. 56.

5) SINGH B. N. and P. B. MATHUR : 1938, Ann. Appl. Biol., Vol. 25, P. 68.

6) APPLEMAN C. O. and E. V. MILLER : 1926, Jour. Agr. Research. 33, P. 569.

7) 田川隆・岡沢養三・酒井隆太郎：1949，北海道馬鈴薯採種組合連合会，資料 4.

8) 田川隆・岡沢養三：1949，北海道馬鈴薯採種組合連合会，資料 5.

9) 田川隆・酒井隆太郎：1951，北大農学部邦文紀要，Vol. 1, No. 1, P. 22.

10) 田川隆・岡沢養三：1955，北大農学部紀要，Vol. 50, No. 2, P. 65.

11) LOOMIS W.E. and C.A. SHULL ; 1937, Methods in plant physiology. P. 250.

12) 北海道大学植物生理学教室編：1951，植物生理学大書.

13) 東大農芸化学教室：農芸化学分析書，上巻.

14) 東大農芸化学教室：農芸化学分析書，下巻.

15) 農林省：1951，土壌肥料講習会テキスト.

16) 佐竹一夫：1950，化学の領域，Vol. 4, No. 8, P. 32.

17) CLEGG D. L. : 1950，化学の領域，Vol. 4, No. 8, P. 1.

18) 佐竹一夫：1952，クロマトグラフ.

19) 武藤聰雄：1951，日・農・化・誌., Vol. 24, No. 7, P. 321.

20) 串崎光男：1957，北海道農試彙報，72号. P. 72

Résumé

To learn about the normal life cycle of potato plant, the author made analysis of carbohydrate and protein contents of potato plant at their characteristic 9 growth stages

which were described in the 1st report.

The methods of analysis are outlined as follows:

Fresh material rapidly weighed is extracted with 80 % ethanol on a boiling water bath for about $^1/_2$ hr. and after being cooled, is filtered off.

Soluble sugars are determined with the extract; *i. e.*, after the ethanol is evaporated, clearing is made with lead-acetate and sodium-oxalate.

Then reducing sugars are determined with the cleared sugar solution by the micro-BERTRAND method and after inversion with 0.1 % HCl for $^1/_2$ hr. on a boiling water bath, non-reducing sugars are estimated by the same method.

After the soluble sugars are extracted, the residues are hydrolyzed for $2^1/_2$ hrs. with 2.5 % HCl in a boiling water bath. Then the reducing sugar contents are estimated by the micro-BERTRAND method and are expressed as crude starch contents.

The protein nitrogen contents are determined by KJELDAHL digestion method of the precipitates by means of STUTZER's reagent.

The results obtained are briefly described as follows:

1. The pure protein content is highest in leaf among the parts of potato plant. The carbohydrate content in leaves is almost unvariable during the growing season; it is considerably lower than that of protein. It may be probably due to the fact that, although the main function of leaves is assimilation, they might not store the assimilated carbohydrate in themselves.

In the stalk, after they emerge above the ground, the reducing sugar contents decrease rapidly and crude starch contents decrease gradually. Then after the blossom stage, probably as a result of the increase in assimilation and translocation of carbohydrate contents in stalk, especially the reducing sugar contents increase.

From these results, it might be supposed that the translocation of assimilates would be the main function in the stalk.

In the tuber, most of the dry matter is carbohydrate; the protein contents decrease gradually as the tubers develop.

2. Till the blossom stage the formation of protein in potato plant is remarkable while, on the other hand, carbohydrates increase strikingly between the blossom stage and leaf yellowing stage.

The development of plant part is almost accomplished by the blossom stage. Thereafter as the assimilation rises, the translocation and accumulation of carbohydrate into the tuber becomes active. At the same time as described in 1st report, nitrogen, phosphorus and potassium accumulate in tuber, so from the viewpoint of practical management, it would be especially important continuously to supply the inorganic nutrients till late and maintain the leaves in healthy condition.

3. After seeding, in the seed potato tuber the crude starch content decrease while the reducing and non-reducing sugar contents increase. From these results, it seems that the crude starch in seed potato might be transformed to soluble sugars and because of the decreases of total carbohydrate contents in fresh material after 1st stage, the seed potato's carbohydrate might be transferred into seedling.

4. Before and after emergence of seedling above ground, comparisons were made of the free amino acid distribution in the seedlings by paper chromatography. But no differences could be found between them except for the one thing that in the seedling that emerged above ground there appeared great and intensive spots of glutamine or alanine. It is probable that the commonly and usually distributed free amino acids and amides are aspartic acid, glutamic acid, alanine, arginine, asparagine, glutamine, and they might hold the central position in nitrogen metabolism.

樽前山系粗粒火山灰に対する堆肥施用試験

西　潟　高　一[*]　渡　辺　公　吉[**]　伊　藤　邦　男[***]

EFFECTS OF APPLICATION OF STABLE MANURE ON THE FIELDS OF COARSE VOLCANIC SOILS ERUPTED FROM MT. TARUMAE

By Takaichi NISHIKATA, Kokichi WATANABE and Kunio ITO

I．前　　　言

堆厩肥の施用が，地力の増進及びその維持に大なる影響をもたらすことは古くより認められ，わが国においてもこれに関する多数の試験研究が行われた。[1] 北海道の南半太平洋側一帯には種々の火山性土壌が分布しているが，これらはいずれも瘠薄でかつ地力が低下し易いものである。[2] 就中樽前山系粗粒火山灰土壌はその粒径が大きく，天然供給養分に乏しく，保水力，肥料養分の保持力ともに小さい等の不良な性質を有する。しかしてこの種の火山灰が分布する地帯の農業生産力を増進せしめるには，堆厩肥の施用が極めて重要な方策であるとせられて，[3] 古くより堆厩肥施用に関する試験が種々行われてきた。

本報はこれらの試験のうちの昭和7年から同27年にわたり，堆厩肥施用量を推定するため実施した圃場試験の成績をとりまとめ，更にその残効試験後の土壌の理化学的性質につき検討した結果を報告しようとするものである。

II．試　験　設　計

1．試験期間　昭和7年より同25年まで。同27年にはその残効試験を実施。

2．試験場所　早来火山灰地試験地の圃場。

3．試験区　堆肥単用群，過燐酸石灰(過石)加用群，過石及び硫酸アンモニア（硫安）加用群の3群に分ち，堆厩肥（堆肥）施用量はそれぞれ0，300，600，900，1,200貫/反とし，1区制で，1区面積は6坪，加用した化学肥料の量は過石では8貫/反，硫安では5.5貫/反である。

4．供試作物　燕麦，菜豆，馬鈴薯の輪作栽培であり，作付回数はそれぞれ7，6，5回である。残効試験には馬鈴薯を用いた。

III．圃場試験の收量成績

各試験年における作物收量は第1表の如くである。まず作物別にそれぞれ1回目の作付年の收量を100として各群，各区毎に，各年毎の收量割合を算出すると第2表（A～C）の如くである。燕麦の他の作物も大体燕麦と類似の傾向であるので，このうち燕麦の分のみを第1図に示した。

これによればそれぞれの作物が各試験区の施肥条件をもつて栽培せられる場合に，その收量が試験年次の経過とともに逓減するか，逓増するかという推移を看取できるはずである。しかしながら，各作物ともいずれの群においても無堆肥の場合に收量が年次とともに逓減すること，また各作物とも堆肥単用の場合に比し化学肥料加用の場合に堆肥施用量を異にした各区間の差が比較的小さいこと等を知り得るに過ぎない。それは試験の実施年の相違に基くと考えられる各年毎の收量の上下変動がいちじるしいからであり，試験年次と堆肥の施用効果との関係を年次の経過に従つて追跡，考察することは望み得ないものであると考えられる。ただ多少の混乱が認められるが同一の群の中での各区の收量はどの年でも堆肥量の相違によると考えられる差を大体保つたままで上下に変動しているので，堆肥施用量と收量との関係，更に化学肥料加用の影響の検討は各年毎に行うのが適当であるとの示唆が得られるのである。

*　農業化学部
**　同上　土壌肥料第2研究室
***　同上　火山灰地研究室

第1表　各試験年における作物の収量（昭和7～27年）

Table 1　Crop yields in each year during 1932 to 1952.

昭和（年）	試験年次	供試作物	堆肥単用群 堆肥0貫/反区	堆肥 300	堆肥 600	堆肥 900	堆肥 1,200	過石加用群 堆肥0貫/反当	堆肥 300
7	1	燕麦	1,405.0	1,800.0	2,125.0	2,320.0	1,910.0	1,690.0	1,850.0
8	2	菜豆	530.0	815.0	1,296.0	1,586.0	1,600.0	862.0	1,890.0
9	3	馬鈴薯	9,130.5	14,148.7	22,998.7	19,098.7	19,890.0	12,480.0	14,865.0
10	4	燕麦	2,190.0	2,340.0	2,670.0	2,760.0	3,192.0	1,980.0	2,298.0
11	5	菜豆	1,089.0	1,980.0	2,094.0	1,917.0	1,995.0	1,230.0	1,842.0
12	6	馬鈴薯	8,175.0	10,536.0	11,406.0	16,263.0	16,923.0	8,631.0	12,285.0
13	7	燕麦	1,020.0	1,224.0	1,518.0	2,256.0	2,520.0	1,464.0	2,280.0
14	8	菜豆	338.8	1,022.5	1,363.1	1,246.3	11,544.6	338.8	1,101.1
15	9	馬鈴薯	6,842.1	9,701.6	13,784.4	18,446.2	9,749.3	7,167.9	11,469.9
16	10	燕麦	1,058.8	2,057.0	2,813.3	3,448.5	2,631.8	1,361.3	2,178.0
17	11	菜豆	522.7	11,551.2	1,897.3	2,105.4	22,543.4	813.1	2,083.6
18	12	馬鈴薯	10,009.4	5,694.5	22,473.3	26,288.6	8,873.7	11,739.8	13,817.6
19	13	燕麦	1,066.8	1,447.8	2,082.8	2,662.2	2,336.8	1,143.0	1,574.8
20	14	菜豆	292.2	262.2	494.1	932.7	1,633.5	630.2	1,144.5
21	15	馬鈴薯	8,877.0	10,097.0	17,224.0	18,765.0	22,328.0	9,318.0	17,535.0
22	16	燕麦	973.0	1,683.9	2,369.6	2,546.0	3,050.2	1,338.5	1,966.2
23	17	菜豆	226.8	723.3	1,035.7	1,484.3	1,562.4	489.9	1,096.2
25	19	燕麦	828.9	1,615.4	2,156.8	2,398.8	2,737.6	1,119.3	1,645.6
27*	21	馬鈴薯	4,366.2	10,047.2	13,021.3	13,834.8	15,227.6	6,300.0	10,135.4

昭和（年）	試験年次	堆試作物	過石加用群 堆肥 600	堆肥 900	堆肥 1,200	過石・硫安加用群 堆肥0貫/反区	堆肥 300	堆肥 600	堆肥 900	堆肥 1,200
7	1	燕麦	2,020.0	2,015.0	1,965.0	1,465.0	2,825.0	3,190.0	3,000.0	2,830.0
8	2	菜豆	2,355.0	2,350.0	2,165.0	965.0	1,900.0	1,930.0	2,160.0	2,150.0
9	3	馬鈴薯	19,818.7	20,745.0	22,552.5	11,246.2	19,374.0	24,427.5	25,380.0	28,211.2
10	4	燕麦	2,610.0	2,640.0	2,736.0	2,730.0	3,000.0	3,510.0	3,270.0	2,880.0
11	5	菜豆	2,070.0	2,211.0	2,220.0	1,950.0	2,211.0	2,265.0	1,884.0	1,878.0
12	6	馬鈴薯	14,496.0	16,608.0	19,074.0	11,544.0	20,913.0	23,229.0	26,811.0	27,738.0
13	7	燕麦	2,712.0	3,552.0	3,708.0	2,388.0	3,906.0	4,440.0	4,800.0	4,806.0
14	8	菜豆	1,335.2	1,468.3	1,435.7	258.3	790.7	1,069.0	1,472.0	1,553.0
15	9	馬鈴薯	14,235.5	16,566.6	17,679.0	8,411.0	18,057.5	18,721.7	25,370.5	23,615.9
16	10	燕麦	2,480.5	2,722.5	3,569.5	1,210.0	2,813.0	3,327.5	2,904.0	3,872.0
17	11	菜豆	2,228.8	2,543.4	2,543.4	692.1	2,224.0	2,516.8	2,739.4	2,751.5
18	12	馬鈴薯	18,508.5	20,326.3	22,050.0	12,171.6	24,917.8	27,856.2	32,711.2	37,102.0
19	13	燕麦	1,854.2	2,286.0	2,336.8	1,414.8	2,489.2	2,641.6	2,946.4	3,429.0
20	14	菜豆	1,613.3	2,006.6	2,031.8	670.5	1,169.7	1,109.2	1,764.6	2,470.4
21	15	馬鈴薯	21,185.0	24,045.0	27,123.0	14,967.0	19,436.0	22,757.0	26,985.0	28,028.0
22	16	燕麦	2,117.5	2,621.6	2,974.5	1,588.1	2,571.2	2,873.7	2,924.1	3,025.0
23	17	菜豆	1,638.0	1,975.7	2,121.8	473.8	1,091.2	1,864.8	1,885.0	2,071.4
25	19	燕麦	1,966.3	2,389.8	2,498.7	1,228.2	2,692.3	3,012.9	3,345.7	3,723.8
27*	21	馬鈴薯	13,274.4	15,286.3	16,548.9	6,980.5	10,710.0	17,989.5	18,020.6	19,484.7

註）収量の単位：燕麦，菜豆は子実重量，馬鈴薯は塊茎重，kg/ha.　＊跡地試験：施肥を行なわなかつた。

第2表　試験年次の経過に伴う収量割合の推移

Table 2　Yield ratio in the process of the years.

A. 燕　麦（昭和7～25年，7回作付）

昭和年	試験年次	堆肥単用群 堆肥0貫/反區	300	600	900	1,200	過石加用群 堆肥0貫/反區	300	600	900	1,200	過石・硫安加用群 堆肥0貫/反區	300	600	900	1,200
7	1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
10	4	155.9	130.0	125.7	119.0	167.2	117.1	124.2	129.2	131.0	139.2	186.3	106.2	110.0	109.0	178.7
13	7	72.6	68.0	71.4	97.3	132.0	86.6	123.2	134.2	176.3	188.6	163.0	138.2	139.2	160.0	169.9
16	10	75.4	114.3	132.4	148.7	137.8	80.5	117.7	122.7	135.1	181.6	82.6	99.6	104.3	96.8	136.8
19	13	75.9	80.4	98.0	101.8	122.4	67.7	85.1	91.8	113.5	118.9	96.5	88.1	82.8	98.2	121.2
22	16	69.3	93.5	111.6	109.8	159.8	79.2	106.2	104.8	130.1	151.3	108.3	91.0	90.1	97.5	104.9
25	19	59.0	89.8	152.2	103.4	143.3	66.3	88.9	97.3	118.6	127.1	83.8	95.3	94.4	111.5	131.6

B．大　豆（昭和8～23年，6回作付）

昭和年	試験年次	堆肥単用群 堆肥0貫/反區	300	600	900	1,200	過石加用群 堆肥0貫/反區	300	600	900	1,200	過石・硫安加用群 堆肥0貫/反區	300	600	900	1,200
8	2	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
11	5	205.5	242.9	161.6	120.9	124.7	142.7	97.4	87.9	94.1	102.5	202.0	116.3	117.4	87.2	87.4
14	8	63.9	125.4	105.2	78.6	96.5	39.3	58.2	56.7	62.5	66.3	26.7	41.6	55.4	68.1	72.2
17	11	98.6	190.3	146.4	132.8	159.0	94.3	110.2	94.6	108.2	117.5	71.7	117.0	130.4	126.8	128.0
20	14	55.1	32.2	38.1	58.8	102.1	73.1	60.5	68.5	85.4	93.8	69.5	61.6	57.5	81.7	114.9
23	17	42.8	88.8	79.9	93.6	97.6	56.8	58.0	69.5	84.1	98.0	49.1	57.4	96.6	87.3	96.4

C．馬鈴薯（昭和9～21年，5回作付　27年は残効試験）

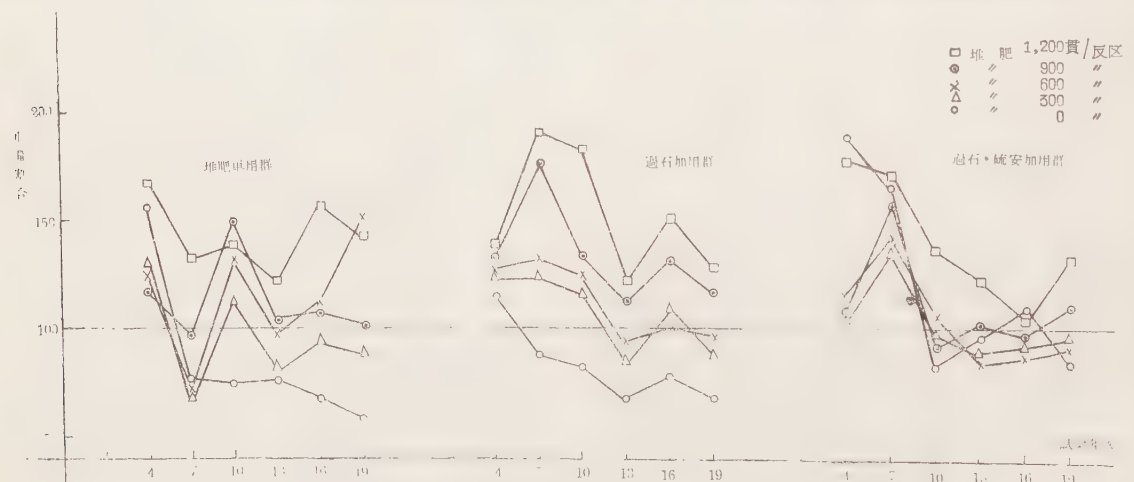
昭和年	試験年次	堆肥単用群 堆肥0貫/反區	300	600	900	1,200	過石加用群 堆肥0貫/反區	300	600	900	1,200	過石・硫安加用群 堆肥0貫/反區	300	600	900	1,200
9	3	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
12	6	89.5	74.5	49.6	85.1	85.1	69.1	82.9	73.1	80.1	84.6	89.0	107.9	95.1	105.6	98.3
15	9	74.9	68.6	59.9	96.6	99.3	57.4	77.5	71.8	79.8	78.4	88.6	93.2	76.6	100.0	83.7
18	12	109.6	110.9	97.7	137.6	145.2	94.1	93.3	93.4	98.0	97.8	103.3	128.6	114.1	128.9	131.5
21	15	97.2	71.4	74.9	98.2	112.3	74.7	118.4	106.9	115.9	120.3	133.0	100.3	93.2	106.3	99.4
27	残効	47.8	71.0	56.6	72.4	76.6	50.5	68.5	66.9	73.7	73.4	62.1	55.3	73.6	71.0	69.1

第1図　試験年次の経過に伴う燕麦収量割合の推移

Fig. 1　Yield ratio of oats in the process of the years.

そこで，各年毎に堆肥単用群の無堆肥区の収量を100として他の各区の収量割合を求めると第3表（A～C）の如くである。過石加用群，過石・硫安加用群については，各群毎にその群の無堆肥区の収量を100として換算した値を（　）内に示した。これらのうち燕麦の分のみを第2図に図示した。以下作物別にこれらの結果を概観すれば，次のとおりである。

(1) **燕　麦**　全般的に燕麦に対する堆肥の増収効果のいちじるしいことが認められる。まず堆肥単用群と過石加用群（第2図）を比較すると，同一の堆肥施用量の場合には昭和13年を除き他はいずれの年においても略々同程度であり，また両群とも堆肥施用量の多い程収量もややいちじるしく多くなつているが，その収量増加の割合は余り多量の堆肥を施用せる場合には次第に低下し，年によつては却つて減収が認められる場合もある。しかして過石・硫安加用群においてはいちじるしく様相が異り，硫安添加による増収の大きい点が認められる。例えば反当300貫の堆肥施用により堆

第3表　堆肥施用量の増加と収量割合の関係

Table 3　Relation between the yield ratio and the amount of stable manure.

A. 燕　麦

昭和年	試験年次	堆肥単用群					過石加用群					過石・硫安加用群				
		堆肥 0貫/反區	300	600	900	1,200	堆肥 0貫/反區	300	600	900	1,200	堆肥 0貫/反區	300	600	900	1,200
7	1	100.0	128.1	151.2	165.1	135.9	120.3 (100.0)	131.7 (109.5)	143.8 (119.5)	143.4 (119.2)	139.9 (116.3)	104.3 (100.0)	201.1 (192.8)	227.1 (217.7)	213.6 (204.8)	201.5 (193.2)
10	4	100.0	106.8	121.9	126.0	145.8	90.4 (100.0)	105.0 (116.1)	119.1 (131.8)	120.5 (133.8)	124.9 (138.2)	124.6 (100.0)	136.9 (109.9)	160.2 (128.6)	246.5 (197.8)	131.5 (105.5)
13	7	100.0	129.8	148.8	221.2	247.1	152.7 (100.0)	324.3 (212.4)	385.9 (252.7)	505.3 (330.9)	527.6 (345.5)	234.2 (100.0)	383.2 (163.6)	435.4 (185.9)	470.7 (201.0)	471.4 (201.3)
16	10	100.0	194.3	265.7	325.7	248.6	128.5 (100.0)	205.6 (160.0)	234.1 (182.2)	257.0 (200.0)	336.9 (262.2)	114.2 (100.0)	265.5 (232.5)	314.1 (275.0)	274.1 (240.0)	365.4 (320.0)
19	13	100.0	135.7	195.2	221.4	219.9	107.2 (100.0)	147.7 (137.8)	173.9 (162.2)	214.4 (200.0)	219.1 (204.4)	145.0 (100.0)	255.1 (175.9)	270.7 (186.7)	302.0 (208.3)	351.5 (242.4)
22	16	100.0	173.1	243.5	261.7	313.5	137.5 100.0)	202.0 (146.9)	217.5 (158.2)	269.4 (159.9)	305.5 (222.2)	163.1 (100.0)	264.1 (161.9)	295.2 (181.0)	300.3 (184.1)	310.7 (190.5)
25	19	100.0	194.9	260.2	289.4	330.3	135.1 (100.0)	198.6 (147.0)	237.4 (175.7)	288.4 (213.5)	301.5 (223.2)	148.1 (100.0)	324.6 (219.2)	363.3 (245.3)	403.4 (272.4)	449.0 (303.2)

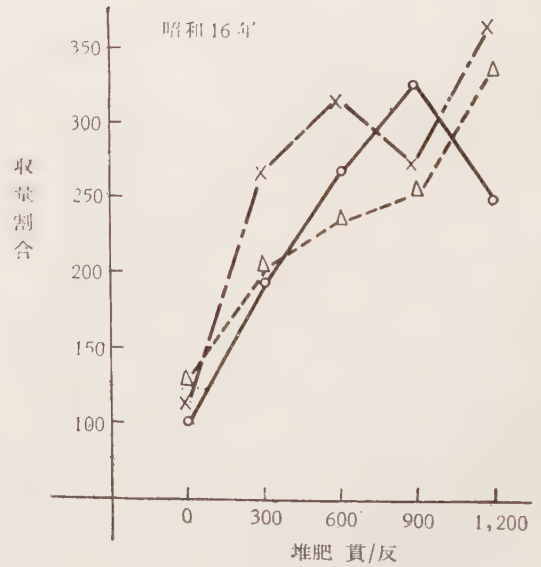
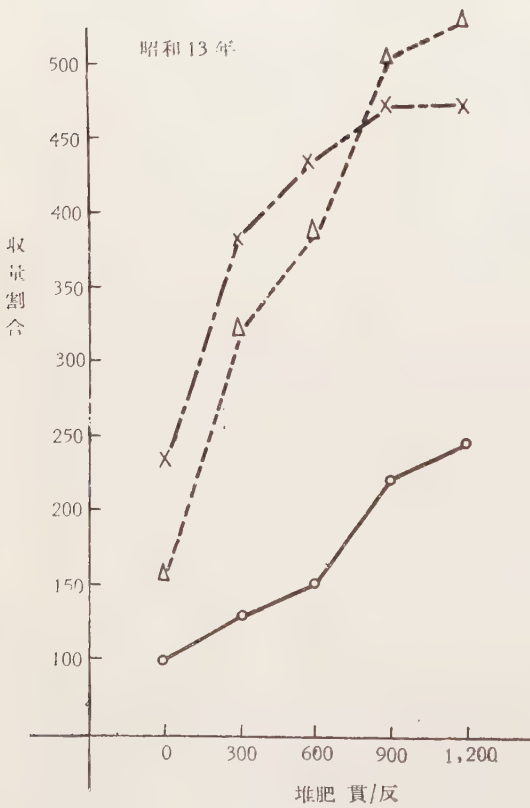
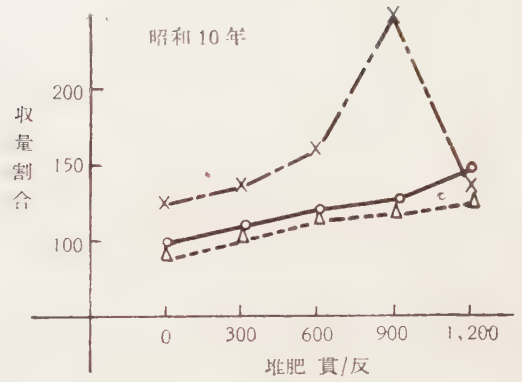
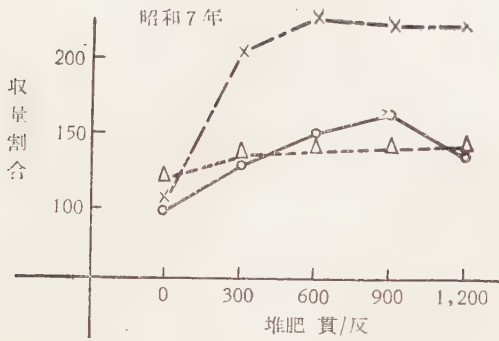
B. 菜　豆

昭和年	試験年次	堆肥単用群					過石加用群					過石・硫安加用群				
		堆肥 0貫/反區	300	600	900	1,200	堆肥 0貫/反區	300	600	900	1,200	堆肥 0貫/反區	300	600	900	1,200
8	2	100.0	153.8	244.5	299.2	301.9	162.6 (100.0)	356.6 (219.3)	444.2 (273.2)	443.2 (272.6)	408.5 (251.6)	182.1 (100.0)	358.6 (196.9)	364.2 (200.0)	407.5 (223.8)	405.7 (222.8)
11	5	100.0	181.8	192.3	176.0	183.2	112.9 (100.0)	169.1 (149.8)	190.0 (168.3)	203.0 (179.8)	203.8 (180.5)	179.0 (100.0)	203.0 (113.4)	208.0 (116.2)	172.9 (96.6)	172.4 (96.3)
14	8	100.0	301.8	402.3	367.8	455.9	100.0 (100.0)	325.0 (325.0)	394.1 (394.1)	433.4 (433.4)	423.8 (423.8)	76.2 (100.0)	233.2 (306.1)	315.4 (413.9)	434.3 (569.9)	458.1 (601.2)
17	11	100.0	296.8	363.0	402.8	486.6	117.0 (100.0)	299.9 (256.3)	320.7 (274.1)	366.0 (312.8)	366.0 (312.8)	132.5 (100.0)	425.7 (321.3)	481.4 (363.3)	524.4 (395.8)	526.8 (397.6)
20	14	100.0	89.7	169.1	319.2	559.0	215.8 (100.0)	391.9 (181.6)	552.4 (256.0)	687.1 (318.4)	695.7 (322.4)	229.6 (100.0)	400.7 (174.5)	379.8 (165.4)	604.3 (263.2)	845.8 (368.4)
23	17	100.0	318.9	456.7	654.5	688.9	215.9 (100.0)	483.2 (223.8)	722.0 (334.4)	870.7 (403.3)	935.1 (433.1)	208.9 (100.0)	481.5 (230.5)	822.6 (393.8)	831.6 (398.1)	913.9 (437.7)

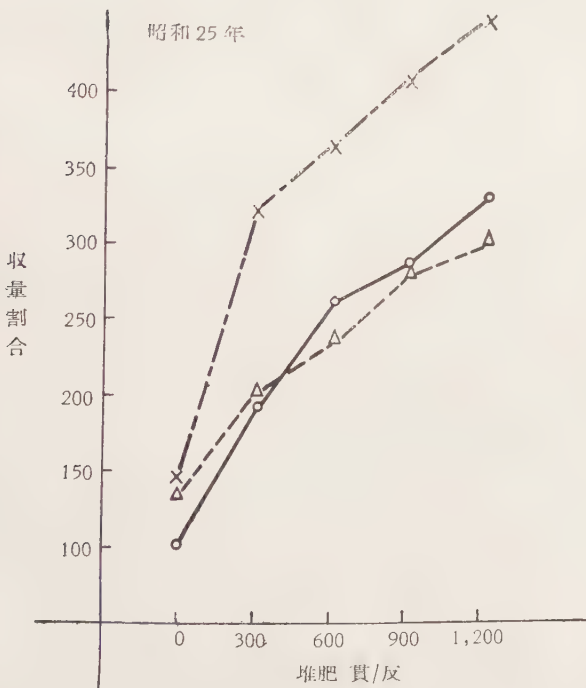
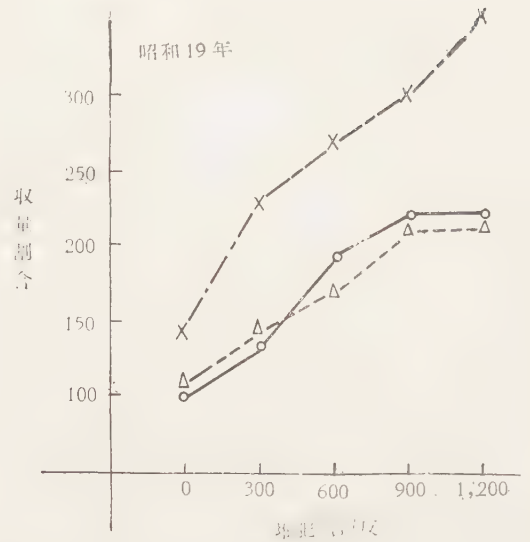
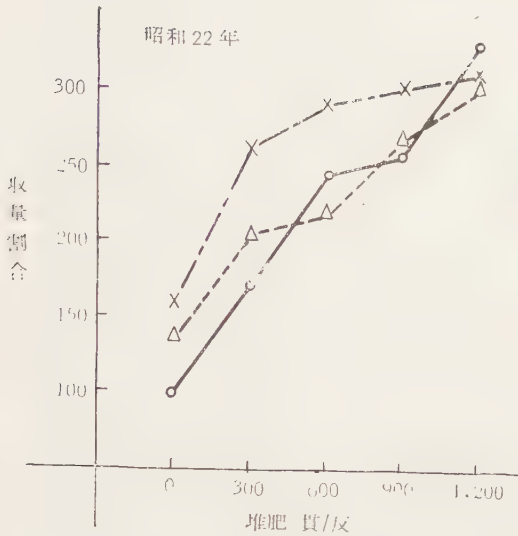
C. 馬　鈴　薯

昭和年	試験年次	堆肥単用群					過石加用群					過石・硫安加用群				
		堆肥 0貫/反区	300	600	900	1,200	堆肥 0貫/反区	300	600	900	1,200	堆肥 0貫/反区	300	600	900	1,000
9	3	100.0	155.0	251.9	209.2	217.8	136.7 (100.0)	162.9 (119.2)	217.4 (159.0)	227.6 (166.4)	247.3 (180.9)	123.2 (100.0)	212.3 (172.3)	267.6 (217.2)	278.1 (225.7)	309.1 (250.9)
12	6	100.0	128.9	139.5	198.9	207.0	105.6 (100.0)	205.8 (194.9)	242.8 (229.9)	278.2 (263.4)	319.4 (302.5)	141.2 (100.0)	255.9 (181.2)	284.1 (201.2)	328.0 (232.3)	339.3 (240.3)
15	9	100.0	141.8	146.5	269.6	288.6	104.8 (100.0)	167.8 (160.0)	208.1 (198.6)	242.2 (231.1)	258.4 (246.6)	123.0 (100.0)	264.1 (214.7)	273.8 (222.6)	371.0 (301.6)	345.4 (280.8)
18	12	100.0	156.8	224.5	262.6	288.5	117.3 (100.0)	138.2 (117.8)	185.1 (157.8)	203.3 (173.3)	220.5 (188.0)	121.6 (100.0)	248.9 (204.7)	278.3 (228.9)	326.7 (268.7)	370.6 (304.8)
21	15	100.0	113.7	194.0	211.4	251.5	105.0 (100.0)	197.6 (188.2)	238.8 (227.4)	270.9 (258.0)	305.7 (291.1)	168.6 (100.0)	219.0 (129.9)	256.3 (152.0)	304.0 (180.3)	315.8 (187.3)
27	残効	100.0	230.1	297.0	319.0	348.7	144.3 (100.0)	232.0 (160.8)	304.0 (210.7)	350.1 (242.6)	380.4 (263.6)	159.9 (100.0)	245.4 (153.5)	412.1 (257.7)	412.9 (258.2)	446.3 (279.1)

昭和 13 年
収量割合
500 450 400 350 300 250 200 150 100
0 300 600 900 1,200
堆肥 貫/反

昭和 16 年
収量割合
350 300 250 200 150 100
0 300 600 900 1,200
堆肥 貫/反

×－－× 過石・硫安加用群　△----△ 過石加用群　○——○ 堆肥単用群

第2図 堆肥施用量の増加と燕麦収量割合の関係

Fig. 2 Relation between the yield ratio of oats and the amount of stable manure.

肥反当900貫単用の場合以上の収量が得られることを示しており，燕麦に対する窒素質肥料の施用効果の大なることとともに，化学肥料を併用した場合の堆肥の効果は，少量を施用する場合でもこれと同一量の堆肥を単独に施用する場合よりもいちじるしく大きく顕れることが知られるのである。また各群毎に堆肥施用の効果を無堆肥区との間の収量割合の差によつて見ると，過石・硫安加用群では堆肥の増施による収量増加は反当600貫以上の多量施用によつても比較的少ないが，他の2群では堆肥増施により収量割合は順次向上している。

これらのことは，この種の火山灰畑地における燕麦に対しては窒素が制限因子となつていて，窒素質肥料を加用せぬ場合には，堆肥の効果はその成分中の窒素がこの窒素の不足分を補うという面で現われるのであるが，一旦制限因子としての窒素不足を化学肥料にて充足せしめれば反当600貫以上に堆肥を施用しても左程に増収効果が認められないものと考えられる。

⑵ **菜　　豆**　菜豆についても堆肥施用の増収効果は高い。また特に化学肥料加用の効果が極めて顕著に認められるものである。但し菜豆では過石添加の効果はいちじるしいが，硫安加用の効果は殆ど認められず，過石加用群と過石・硫安加用群との収量差は極めて僅少である。これは荳科作物の特性から見て当然であろうと考えられる。次に堆肥施用量の増加と収量増加の割合の関係を見ると，多量の堆肥を施用した場合には増収効果の現われ方にむらが多く，特に過石加用群では反当600貫程度までの施用によつてはかなりの増収が見られるが，これ以上に施用すれば堆肥の増収効果は少ないか，または年により却つて減収することも見られる。

従つてこの種の火山灰畑地における荳科作物に対しては燐酸が制限因子となつており，燐酸質肥料を加用せる場合には堆肥増施による収量差は小

となり，かつ多量区では却つて減収する場合も生じ，窒素質肥料の施用がある一定量を超えると却つて有害であることが知られるのである。また窒素質肥料を加用せる過石・硫安加用群では，反当300貫以上の堆肥施用によつても既に収量増加の停滞が見られるがこれも硫安により窒素が供給されるために，反当300貫以上の堆肥を施用すれば窒素過剰の状態になるものと解せらる。また堆肥単用群で堆肥を増施してもあまり増収効果は認められない場合が多いが，このことは燐酸の不足がほとんど充たされぬままで窒素の供給のみが多くなり養分供給の不均衡がはなはだしくなり，荳科作物に対しては極めて不適当な施肥法であることを示すものと考えられる。

(3) **馬鈴薯**　馬鈴薯についても堆肥施用による増収効果は高く，同一量の堆肥を施用せる場合の3群の間を比較すると，堆肥単用群に比し過石加用群ではかなり収量が高く，更にこれに硫安を加用せる群では一層高い収量が得られている。例えば過石・硫安加用群の反当300貫区の収量は堆肥単用群の反当900貫区の収量をはるかに凌いでいる。また堆肥施用量の増加による収量増加の割合は堆肥を増施する程逓減しているが収量の実数は順次多くなつており，多量の堆肥の施用によつても収量の減少はほとんど認められないのである。

結局これらのことは，この種の火山灰畑地における馬鈴薯栽培に対して燐酸，窒素の両者が制限因子であることを示すものである。燐酸に関しては，過石を加用せる場合には施用する堆肥は少量であつても同量の堆肥を単独に施用する場合に比べるとはるかに高収量を得ているので，本試験において加用せる過石量をもつて燐酸養分の不足は一応充されていたものと思われる。一方窒素に関しては，過石を加用せる群で堆肥の増施に伴つて収量が増加することが知られかつ堆肥自体は燐酸質肥料としての肥効が少ないものであるので[4]，増施せる堆肥は主として窒素養分の供給源として利用せられたことになる。従つて堆肥をもつて窒素の不足を補うとすれば極めて多量の堆肥を施用する必要のあることが知られる。しかし過石加用群と過石・硫安加用群を比較することにより，窒素の給源として利用せられるような堆肥の施用分は，硫安の如き窒素質化学肥料を施用することにより容易に代替し得ることが知られるのであるが，過石・硫安加用群でもなおも堆肥増施による収量増加が認められるので，本試験において加用せる硫安の施用量をもつてしてはおそらく馬鈴薯に対する窒素不足を充足するまでに至らずに，増施せる堆肥が窒素不足を充たす面において働く余地を残していたものと思われる。

次に残効試験における馬鈴薯収量を見ると，各群，各区とも試験期間中に比較して一様にいちじるしく低い。そのうちで堆肥単用群は残効試験においても堆肥施用量の差の影響が収量差として残つているようである。しかし化学肥料加用群では無堆肥区と堆肥施用区に大別せられるだけで堆肥施用区相互の差の少ないことが認められ，過石・硫安加用群では特にその傾向がいちじるしい。また試験期間中の施用堆肥量の差と残効試験の際の収量の関係は堆肥単用群では試験期間中に比して区間の差が大となつており，過石加用群，過石・硫安加用群ではともに試験期間中と左程の相違がない。このことは堆肥単用群では堆肥の影響のみが残つて現われており，化学肥料加用群では堆肥と化学肥料の影響が混合して残つて現われていることを示すものと考えられる。更に残効試験における収量につき各群，各区間を比較すると，反当300貫区は3群とも略々同様の収量を示しており，試験期間中に加用せる化学肥料の影響は残効の差としてはほとんど現われていないが，反当300貫以上の多量区では各施用量について堆肥単用群に比し過石加用群，過石・硫安加用群の順に幾分ずつ収量が多く化学肥料加用の影響が残つているようである。

以上の結果から，本試験地土壌に対する堆肥施用の効果は極めて顕著であり，化学肥料を加用すればその効果と相まつて堆肥の効果も一層効率がよいことが知られる。荳科以外の普通作物に対する窒素質化学肥料の加用は堆肥の窒素供給源としての役割と代替し得て，比較的少量の堆肥でもつて単独に多量の堆肥を施用せる場合の収量をはるかに凌ぐものであることが認められる。また各作物とも化学肥料加用の有無にかかわらずに堆肥施用量の増加に伴つて収量が必ずしも平行的に増加せずにいちじるしく多量の施用によつてはむしろ増収効果は逓減するものであつて，初めの反当300貫までが最も高い効率を示す場合が多いよう

である。また堆肥施用の影響は比較的速かに減退するらしいことが推測せられる。

Ⅳ. 跡地土壌の理化學的性質

本実験は堆肥単用群の各区の作土土壌を風乾し2 mmの円孔篩を通過せしめた部分について行つた。供試土壌は諸種の事情から堆肥または堆肥と化学肥料の施用が中止せられて，これらの残存分が既に相当に減少し始めたと予想せられる残効試験後の分しか得られなかつたのであつて，試験期間中における施用堆肥が土壌に及ぼす諸変化の様相をその動的状態のままに調査したものではない。従つて堆肥施用後における堆肥乃至は土壌全体の性質の変化を捉え得ないことは勿論であり，堆肥施用が収量の増減に及ぼす影響と直接に関連せしめて考察することが困難であるという制約をも免れ得なかつた。

分析項目及びその方法のうち特に記すべき点は次の如くである。(1)理学的性質は機械的組成 (H_2O_2 処理後，A. S. K. 法)，土壌重量，容水量等。(2)土壌中の有機物は灼熱損失量，全炭素含量，全窒素含量のほか，土壌有機物を WAKSMAN 法に準じて[5)6)7)]分別せる部分毎の炭素量を測定した。なおその区分及び分別法の大要は次の如くである。即ち HCl- 浸出部；1/2N-HCl による浸出部分。NaOH- 浸出部；HCl 浸出後に 1/2N-NaOH により浸出，水洗せる濾洗液。このうち α- 部は 1/8N-H_2SO_4 による沈澱部 (pH1.5) β- 部は α- 部を濾別せる液の中の 1/2N-NaOH による沈澱部 (pH 4.8)，β- 濾液；β- 部を濾別せる残液。NaOH- 浸出後の土壌；NaOH- 浸出後の水洗残土。(3)その他の化学的性質は全珪酸，鉄，礬土量，1/5N-HC 可溶成分，塩基置換能，燐酸吸収係数，電気泳動速度等。[8)9)]

1. 理学的性質 (第4表)

理学的性質のうち機械的組成については堆肥多

第4表 土壌の理学的性質

Table 4 Physical properties of soils.

区別	土壌重量 g/100cc (容積重)	水の吸昇時間 Min/10cm	容水量 重量% (容積重)	機械的組成 乾土中の% 粒径 2～1 mm	1～0.25	0.25～0.05	0.05～0.01	0.01以下 (a)	H_2O_2処理で溶出されるR_2O_3 (b)	(a)+(b)
堆肥 0貫/反区	70.5	23	30.9	15.42	59.46	16.06	2.20	6.51	0.34	6.85
300	71.0	23	34.4	15.27	59.21	16.51	2.00	6.61	0.38	6.99
600	71.0	30	39.3	13.19	53.82	23.33	2.03	7.08	0.45	7.53
900	68.5	30	44.5	13.02	52.15	25.05	2.05	7.18	0.54	7.73
1,200	67.5	41	45.7	12.98	51.40	25.24	2.23	7.51	0.61	8.11

註：(a) は H_2O_2 処理により分解，消失する有機物等による減量を含む。

量区で0.25 mm以上の粒径部分がやや少なく，0.25 mm以下の粒径部分がやや多いという傾向が認められる。土壌 100 cc の重量はその差が僅かではあるが堆肥多量区では順次軽く，上田[10)]が十勝火山灰土につき認めているところと一致しており，堆肥に由来する有機物部分が多くなるためと考えられる。水分保持力については，元来粗粒火山灰は容水量の小であることがその不良な性質の一つに数えられているが[3)]，この改善という面での堆肥施用の効果は堆肥多量において僅かに認め得る程度であり，この点も先述の上田の所見と一致している。総じて堆肥の施用が土壌の理学的性質に及ぼす影響は本実験が風乾土について行われたために自然の圃場状態と幾分様相が異るということを考慮してもなお極めて僅かでしかないことがうかがわれるのである。

2. 土壌中の有機物 (第5，6表)

まず灼熱損失量をもつて一応有機物の粗総量と見做すと，反当300貫区では無堆肥区に比して大差ないが，反当600貫以上の多量区では無堆肥

第5表 土壌有機物

Table 5 Organic matter in soils.

区別	灼熱損失 % (風乾土中)	灼熱損失 貫 (深さ5寸ノ1反当)	全炭素 C% (乾土中)	全窒素 N% (乾土中)	炭素率 (C/N)
堆肥 0貫/反区	3.14	1,760	1.29	0.11	11.7
300	3.25	1,840	1.37	0.12	11.4
600	4.05	2,300	1.78	0.16	11.1
900	4.53	2,400	1.92	0.19	10.1
1,200	4.67	2,520	2.00	0.21	[illegible]

区，反当300貫区に比していちじるしく多い。但し多量区相互間の差ははなはだ少ない。このことは堆肥を毎年反当300貫程度施用してもそのほとんど全部がその年毎に消耗してしまい後に残る分はほとんどないことを示すものと思われる。更に堆肥の施用量が多くなりある程度以上の量が施用せられるとその一部は土壌中に残存蓄積されて土壌中に有機物が多くなつて行くものであるが，このように有機物として残存する部分の量は反当600貫以上の多量を施用しても反当600貫区と略々同程度であることから，施用量が多ければ多いほど消耗が激しくおこつているのではなかろうかと思われる。本実験の結果からは土壌中における有機物の減耗量を算出し得ないが，先に山田[11]が本試験地の未耕土の全炭素量は約1.7％と記しており，本試験の開始当初も略々この程度の全炭素量を含んでいたと考えるならば，残効試験の実施による有機物の減耗を考慮に入れても本土壌においては，一般に土壌有機物の減耗量が年間堆肥として反当300～400貫程度であるといわれている量[12]よりも多量に消耗が行われるものと推定し得るのである。

次に土壌有機物を Waksman 法に準じて分別せる結果を見ると，HCl-浸出部は作物により比較的容易に利用され得るものと考えられているが[13]，この部分の中の炭素量は無堆肥区と反当

第6表 土壌中の炭素の分布区分 (C.mg/100g乾土)

Table 6 Distribution of carbon in soils. (C. mg/100g dry soil)

区別	炭素総量	HCl浸出部中の炭素	NaOH−浸出部の中の炭素 α−部	β−部	β−濾液	計	NaOH浸出後の土壌中の炭素
堆肥 0貫/反区	1,290	273 (21)	284 (22)	11	331	626 (49)	391 (30)
300	1,370	254 (19)	307 (22)	12	331	650 (47)	466 (34)
600	1,780	407 (23)	417 (23)	12	336	792 (45)	581 (33)
900	1,920	520 (27)	452 (24)	13	370	835 (44)	567 (30)
1,200	2.000	538 (27)	458 (23)	14	386	858 (43)	604 (30)

註：( ) 内は各部分中の炭素の炭素総量中に占める割合…％

300貫区との間ではあまり差が認められず反当600貫以上の多量区ではいちじるしく多かつた。NaOH−浸出部の中の α−部はその大部分が作物により比較的利用され難いものであるとせられているが[14]この部分に含まれる炭素量は反当300貫区と無堆肥区との間ではあまり差がなく反当600貫以上の多量区ではいちじるしく多くかつ土壌中の総炭素量中に占める割合及び NaOH−浸出部全体の炭素量中に占める割合がともに幾分高い。即ち α−部の炭素量が NaOH−浸出部全体の炭素量中に占める割合は，反当0, 300貫区ではそれぞれ45, 47％であるのに反当600貫以上の区では約53～54％である。β−部は各区とも少量しか得られずそのうちの炭素含量も少ないので各区間の傾向も見出し得ない。これは NaOH−浸出に先立つ稀塩酸処理によりこの部分の主成分と考えられる鉄，礬土等が失われたためではないかと考えられる[15]。β−濾液中の炭素量は傾向的に見ると多少は堆肥多量区が多いが各区間の差は僅かである。NaOH−浸出後の土壌中に残つている有機物は難溶性であり，作物によつても利用され難いと考えられているが，この部分の炭素量は無堆肥区と反当300貫区とではあまりいちじるしい差が認められず，反当600貫以上の多量区では多量施用区程順に多いことが認められる。

以上のことは，この種火山灰畑地の有機物含量が少なく，かつ耕作に伴いその減耗がいちじるしいとせられている点[8]と一致しており，毎年反当300貫程度の堆肥が施用せられる場合には，本試験期間の前後において土壌中の有機物量に増加が認められずに却つて幾分減少していると推定せられるのであつて，毎年施用せる堆肥の殆ど全部がその年毎に分解消耗して了うと考えられる。しかしながら反当600貫以上の多量の堆肥を施用せる場合には土壌有機物が幾分増加していることが認められるのであつて，施用せられた堆肥の一部は分解消耗してもなおその一部は年々残存するものであることが知られる。但しこの場合にも堆肥の増施に平行してその残存分が多くなるものでなく，同時に施用量に対する消耗割合も高くなるも

のであり，しかもこの残存分によつて増加する土壌有機物の中での作物に利用されない部分の割合は高くなるものであることが知られる。

3.　その他の化学的性質　（第7表）

第7表　土壌の化学的性質

Table 7　Chemical properties of soils.

区別	全珪酸，鉄及び礬土(無機性物中の%) Fe₂O₃	Al₂O₃	Fe₂O₃+Al₂O₃	SiO₂	SiO₂/Fe₂O₃+Al₂O₃	1/5N-HCl可溶成分 P₂O₅ mg/100g乾土	CaO mg/100g乾土	pH (H₂O)	塩基置換容量 m.e./100g乾土	置換性塩基 m.e./100g乾土	置換性塩基飽和度 %	燐酸吸収係数(燐酸アンモン)	電気泳動 測定時のpH	速度 μ/V.cm.sec.
堆肥0貫/反区	14.5	17.7	32.2	55.1	3.47	117	283	6.04	4.73	1.85	39	1,410	6.0	− 2.00
300	14.3	17.3	31.1	54.8	3.52	117	294	6.37	4.99	3.51	70	1,090	6.3	− 2.17
600	14.2	17.4	31.6	54.6	3.51	121	336	6.39	7.81	5.55	71	1,040	-	-
900	14.0	16.6	31.4	54.7	3.64	128	397	6.42	8.13	5.91	73	1,025	-	-
1,200	13.9	16.3	31.2	54.4	3.68	140	409	6.44	9.28	7.30	79	1,010	6.4	− 2.62

まず全珪酸，鉄，礬土の含有率はいずれも堆肥多量区程やや小となつており，同時に珪鉄礬比も幾分小となつているが各量の差が僅少なので礬土性が軽減されるということは断定し難いものと思われる。1/5 N-HCl 可溶成分のうち塩酸は無堆肥区に比して堆肥多量区でもあまり多くなく，石灰は堆肥多量区程かなり多いが，この相違は堆肥の成分によるものと考えられる。塩基置換能の大小は土壌中の腐植含量と関連が大きいとされているが[16]，反当300貫区は無堆肥区と大差なく反当600貫以上の多量区ではいちじるしく大であつて有機物含量の傾向と大体一致している。置換性塩基量については 1/5 N-HCl 可溶の石灰と同様に多量区程多く，これは堆肥成分より供給せられたものと考えられる。置換性塩基飽和度は無堆肥区では低く，反当 300 貫区では塩基置換能はあまり高くないが塩基飽和度のみが無堆肥区の約2倍にまで高くなり，更にそれ以上の多量区では塩基置換能の増加に伴い置換性塩基飽和度も高いことが認められる。燐酸吸収係数の反当300貫区と無堆肥区との差はややいちじるしいが，反当600貫区と反当 300 貫区との差は少なく，更に反当600貫以上の多量区相互の差も少ない。このように見かけ上の燐酸吸収量については堆肥の施用，不施用による相違はあるが施用量の多少による差は少なくて堆肥量の増加に平行していない。このことは早川[17]が摩周岳系火山灰土につき腐植含量の多い土壌はしからざる土壌に比して燐酸吸収量が遥かに大であるがそのうちの永久固定量は少ないということを認めていること等に鑑みて，燐酸吸収の機作的な内容または吸収に関与する諸因子との関連の差異等が総合せられて結局見かけ上の燐酸吸収としては上述の如き傾向を示すものと考えられる。水懸濁液における土壌粒子の電気泳動速度は堆肥多量区程やや大であり，堆肥の施用は土壌の陰性膠質的性質をやや増強せしめることが示されている。これは柏木等[18]が洪積層畑土壌につき腐植の量の多少との関連において認めている結果等とも一致しており施用せる堆肥に由来する腐植の量の増加のためと考えられるのである。

V. 考　　察

従来火山灰地においてその生産力を向上，確保するためには堆肥の施用が不可欠であるとせられているが，堆肥施用量を反当600～750貫に増した場合にも堆肥の増収効果は現われているものであつて[19][20]，堆肥に関しては施用量が多ければ多い程その効果もまた益々大であるとせられ，でき得る限り多量の堆肥を施用することがこの種の畑地に対する最善の方策の一つと考えられて来た。しかしながら堆肥の生産可能量は営農の様式，規模等により自ら限度があり，一方また多量の堆肥施用のためには莫大な労力を費すものである上に，堆肥の増収効果の効率自体にも逓減性がなかろうかという疑問も生ずるものであるので，堆肥の不可欠な最低施用必要量を決めることが重要な課題であり，本試験もかかる点を明らかにせんとして開始せられたものであつた。

Scheffer，Schmalfuss 等によると堆肥施用の影響は，"永久腐植 (Dauerhumus)" と "栄養腐植 (Nahrhumus)" とに2大別[21]せられると考えられているのである。まず"永久腐植" として

の効果は大体土壌の有機物含量により表現せられるといい得る。しかし多量の有機物資材を投入して土壌中の有機物含量が多くなれば同時にその分解消耗の度合が高くなり，有機物の投入量の増加に伴つて残留部分は必ずしも増大するものではなく，不経済な有機物の循環が促がされるものである[22]とされている。従つて堆肥の"永久腐植"としての効果を望んでも，これはある程度以上では効率がいちじるしく低下しかつ長期間にわたつて持続するものではないことが予測せられるものである。本試験の結果は明らかにこのことを示しており，この種の粗粒火山灰においてはこの傾向が一層顕著であることが見られる。即ち堆肥単用群の跡地土壌の分析結果によれば，堆肥施用量の増加によつても土壌の理化学性の変化は左程顕著ではなく，僅かに腐植含量を増加し，塩基置換性，容水量の増大等が見られるにすぎず，しかも堆肥の施用量とは必ずしも平行していない。このことは堆肥の施用によつて附与されたある程度の性状の変化も，2箇年間の不施用栽培によつて腐植の分解がいちじるしく促進され各区間の差が僅少になつたことが一原因とも見られ，この種火山灰土壌の特性と考えられるものである。かかる観点からすれば堆肥単用の効果はいわゆる永久腐植としてよりも"栄養腐植"給源としての作用がより大きく出ているものであることが考えられる。即ち毎年の収量調査の結果及び土壌中の稀塩酸の可溶部の量等から見て，堆肥施用量の多いもの程この働きの大であることが認められる。また単に化学肥料のみを以て栽培してもその効果を充分発揮することができないもので，ある程度の堆肥を併用することによつてその肥料効果は極めて大きくなることが知られる。即ち堆肥単用に比して化学肥料を併用する場合には，遙かに少ない堆肥施用量を以て多くの収穫を収めている事実は，堆肥の養分給源としての作用は化学肥料によつて相当量代替し得るものであると見ることができる。更にまた堆肥の効率は最初の反当300貫の投入の場合が最も高くあらわれており，600貫を越えると順次低下しているので．実収においても300～600貫の堆肥に適当の化学肥料を加用することによつて極めて高い収量を収めていることは単に堆肥が養分の給源として働いているばかりではなく，年々与えられた堆肥が土壌に何等かの好影響を及ぼし，これによつて化学肥料の効果がよりよく発現せられたものであることが推測できる。

以上の結果を総合して考えれば，堆肥は毎年最少必要量を施用しかつ施用年の直接の効果によりその量の決定を行つてもあまり大きな不都合はないものと考えられ，一応は600貫程度の堆肥を基調とし，これに栽培する作物の特性に応じて適当な化学肥料を加用すれば，地力の維持はほぼ可能であり，更に化学肥料を一層適切に用いることによつて特に堆肥量を増加しなくとも収量の増加を計り得るものであるということができる。しかし堆肥の効果を更に解析的に考えることにより，今後研究を更に深くし，土壌の理化学性との関係，作物生育に及ぼす影響の解明，さらに作物生育阻害因子の究明とこれに対する適切な方法等を明らかにされるならば作物の生産上に実際必要とする堆肥量は従来一般に考えられていたものよりは相当少くすることができるものではないかと予想している。この点に関しては別途の研究に着手しているのでその進展を俟つて後日の発表にゆずりたい。

Ⅵ．要　　約

昭和7年より同27年まで樽前山系粗粒火山灰に対する堆肥施用効果試験を行つた。著者等はその作物収量及び跡地土壌の理化学的性質について検討した。その結果の大要は次の如くである。

(1) 本土壌は極めて瘠薄であり，化学肥料のみで堆肥を施用しない場合の収量は極めて低く，堆肥施用の作物収量の増加に及ぼす効果が大である。

(2) 施用した堆肥は比較的速かに分解しかつ多量に施用せる場合ほどその傾向がいちじるしい。従つて堆肥の残効は比較的速かに減退するらしく，堆肥は毎年継続して施用しなければならない。

(3) 堆肥の施用が土壌の理学的性質に及ぼす影響は明らかでない。一方反当600貫以上の堆肥施用区土壌はその有機物含量，塩基置換容量が大となり，その他の化学的性質も改善せられたようである。

(4) 毎年反当300～600貫の堆肥を継続して施用し，これにその年の栽培作物の特性に相応した

化学肥料を加用すれば，土壌有機物の減耗をほとんど阻止し得てかつ毎年の収量はかなり良好に維持せられるものである。

参考文献

1）農業改良局研究部　1955：堆肥並びに緑肥に関する試験研究の概要（畑作関係）.

2）山田　忍　1934：北農，1巻．105.

3）北村卓爾　1944：北農，13巻．215.

4）塩入松三郎　1953：土壌肥料講話，64～92.

5）WAKSMAN, A.S. 1926：Soil Sci. Vol. 22．221～232.

6）伊藤速男　1929：日・土・肥・雑.，3巻．51～59.

7）山根一郎，他　1950：東北農試報告，第1号，126～136.

8）柏木大安　1950：日・土・肥・雑.，20巻．143.

9）KRUYT, H.R. u. ARKEL, A.E. VAN　1923：Kolloid Z., Bd. 32. 91.

10）上田秋光　1948：北農，14巻．137.

11）山田　忍　1951：北海道農試報告，44号．70.

12）北海道農事試験場 1923：北海道農試彙報，26号.

13）大杉 繁・佐野吉雄 1919：日・土・肥・雑.，3巻．1～9.

14）HOBSON, R.P., PAGE, H.J. 1932：J. Agr. Sci. Vol. 22. 497.

15）山根一郎　1955：日・土・肥・雑.，25巻．207.

16）BRAY, R.H. 1938：Soil Sci., Vol. 45. 483.

17）早川康夫 1954：北海道立農試報告，5号，35～95.

18）柏木大安・太田寛一　1953：日・土・肥・雑.；24巻．159～162.

19）北海道農事試験場　1923：北海道農試彙報，29号.

20）金　鉄司　1953：北農，2巻．108.

21）RUSSEL, E.J., 1953：Soil condition and plant gnowth, 258.

22）RUSSEL, J.C., 1927：J. Amer. Soc. Agr., Vol. 19．380～388.

Résumé

For the purpose of ascertaining the effects of stable manure application to the low productive coarse volcanic soils erupted from Mt. Tarumae, the experiments here described were carried during the period of 1932 to 1952.

The authors studied the effects upon the crop yields in every year. They also made physical and chemical analysis of the soils using samples taken from the experimental plots.

The results may be summarized as follows:

(1) As the productivity of this kind of soils is very poor, the yields were very low when stable manure was not applied, even though chemical fertilizers were applied. Therefore, the effect of the stable manure application on the increment of crop yields was so evident that the important significance of such application on these soils was clarified.

(2) It could be seen that the applied stable manure was decomposed in a comparatively short time and the decomposition was more accelerated when larger amounts were applied. Accordingly the permanent effects of the stable manure application would be diminished rapidly, so the annual application of the minimum necessary amount of the stable manure was the most appropriate practice for these soils.

(3) The influence of the stable manure application on the physical properties of soils was not very evident. But it was suggested that the organic matter content and the base exchange capacity in soils increased and some other chemical properties of soils were improved by the application of the stable manure in amounts over 600 Kan/Tan.

(4) When the stable manure was applied annually in the amount of 300～600 Kan/Tan with suitalbe chemical fertilizers, the yield of every crop showed best and the exhaustion of organic matter in the soils was prevented.

L. von Post による泥炭土壌の分解度と二，三の理化学性との相関について

松 実 成 忠* 庄 子 貞 雄*
沢 田 泰 男* 吉 田 加代子*

CORRELATION BETWEEN DEGREE OF HUMIFICATION OF PEAT SOILS ACCORDING TO L. VON POST AND THEIR PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

By Shigetada MATSUMI, Sadao SHOJI,
Yasuo SAWADA and Kayoko YOSHIDA

I 前 言

泥炭土壌の理化学的性質は，構成植物の種類及び混在する無機物の含有割合によつて相違を示すと共に，その分解の程度によつても大いに変化するものであることは，すでによく知られているところである。

しかしながら，泥炭土壌の分解の程度をある程度明確にかつ具体的に表示することは，困難なことと考えられている。WAKSMAN[1]，市村[2]等は，泥炭土壌の化学性，特に有機物の組織について構成植物体のそれと比較研究して，分解過程における変化等を明らかにしようとした。また，FEUSTEL[3]，WILSON[4]等は，泥炭層序間の理化学性について検討した報告において，各層の分解の程度は，観察によつて4～5段階に記載している。当試験場においても，分解程度の分別は泥炭地調査法[5]により，肉眼鑑定で次の如く分類を行つている。

1．分解良：泥炭土壌を構成する植物残体がよく崩解し，ほとんどその原型をとどめないもの。

2．分解不良：植物残体の大部分がその原型をとどめているもの。

3．分解稍良：両者の中間のもの。

更に実際には「分解稍不良」という程度を加え，4段階にすることも行つている[6]が，しかし，これらの分類ではあまり大別に過ぎ分類基準が抽象的であつてやや明確を欠く感がある。

POST 及び GRANLUND は泥炭地の地質学的調査研究において，泥炭の分解度を後記する基準によつて10段階（H1～10）に分類することを提案し，このことは，BÜLOW[7] により紹介されている。

この方法はその後北欧の地質学的泥炭地の調査研究において用いられていたものの如くで，SALMI[8] により泥炭堆積層全体を特徴づけかつ工業的利用に関係ある物理化学的性質を明らかにする際に，この方法を用いた報告があり，また最近 MATTSON[9] 等が泥炭地の地球化学的研究に用いているのが見られる。また，泥炭を工業的に利用しようとする場合，例えば KREBS-PECO 法の採掘用泥炭調査法等にも用いられている。

しかしながら，農業の立場からの泥炭地の調査研究においては，最近 SEGEBERG[10] がミズゴケ泥炭について POST 法による分解度と KEPPELER の方法による腐植化度及び真比重との相関について検討した報告が見られるが，従来ほとんど注意が払われていなかつたものと考えられる。

筆者等は，1955年釧路泥炭土壌の有機物の性状について分析する機会を得て，その際 POST 法による分解度の測定を試み，二，三の理化学性との相関について検討した結果，POST 法による分解度が農業における泥炭土壌の調査研究に利用して，極めて有効なものであることを知つたのでその結果の概要について報告する。

本報告の取纏めについて農芸化学部長丹潟高一技官か

* 農芸化学部土壌肥料第2研究室

ら，また試料採取について飯塚仁四郎氏から，それぞれご教示を頂いた。また分析には土壌肥料第2研究室[illegible]郎技官外各室員の，また試料採取には北海道開発局泉谷毅一技官以下各位のご助力を受けた。記して衷心より感謝の意を表する。

Ⅱ　供試泥炭土壌及び實験方法

1 供試泥炭土壌

試料は飯塚[11]等による釧路国泥炭地土性調査報告において，釧路原野地区の代表地点として選ばれ，無機分析を行つている37地点について，表層より約50 cm までの間で，将来耕地となつた場合に，表土と下層土を構成すると考えられる層から採取したものである。

試料の採取に当つては，極力飯塚等の調査時と同一の地点を選定することに努めた。

統計処理に用いた点数は40点であり，これらを構成植物別に，また POST 法による分解度別に分類すると第1表の如くである。

第1表　供試泥炭土壌の種類及び POST の分解度

Table 1　The peat-forming plants and humification degree by POST of peat samples.

種　　　類	H 2 以下	H 3	H 4	H 5	H 6	計
1.　ヨシ及びヨシ（スゲ）	1	3	3	3	1	11
2.　スゲ及びスゲ（ヨシ）	5	12	5	3	2	27
3.　ス　　ゲ（ミズゴケ）	0	0	2	0	0	2
計	6	15	10	6	3	40

本表でミズゴケを随伴するスゲ（3：表中の番号）はビロードスゲであり，スゲのみの場合及びヨシを随伴(2)あるいはヨシに混在する場合のスゲ(1)は，ビロードスゲの外，アゼスゲ，サツスゲ，ヒラギシスゲ，ホナガスゲ等であり，また多くの場合ハンノキを混在していた。

これらのことから，供試した泥炭土壌は，分解度はH 6以下で，H 3が最も多く，また中間泥炭あるいは高位泥炭への過渡期にあるものが少しく存在するが，大部分が低位泥炭に属しているものということが出来る。（採取地点の層序等は分析成績と共に別に報告する予定である）

2 分解度測定法

分解度は現地において採取直後の湿潤泥炭試料の適当量を掌中にとり，指間になるべく隙を生ぜしめないように平均に力を加えて圧搾し，指間より出る水，搾出物及び残渣の状態，色等と，握る前の状態とから次の如き基準によつて測定する。BÜLOW[7] の記載により POST 法の分解度測定基準を示すと次の如くである。

H 1：完全に未分解で Dy（膠質状腐植物質）のない泥炭であり，圧搾することにより無色透明な水が出る。

H 2：極めて未分解で Dy のない泥炭，圧搾により略々透明な黄褐色の水が出る。

H 3：極めて軽度に分解しており，極めて少量の Dy を持つた泥炭，圧搾により明らかに濁つた水が出るが，指間から泥炭の搾出はなく残渣は粥状を呈しない。

H 4：軽度に分解しており，少量の Dy を有す，極度に濁つた水が出るが，泥炭は搾出しない，残渣は軽度に粥状を呈す。

H 5：かなり腐植化し，Dy の含有量は相当にある，やや明瞭を欠き始めるが，植物組織は識別容易，圧搾により若干の泥炭と極度に濁つた水が出る，残渣は極度に粥状。

H 6：かなり腐植化し，Dy の含量は相当にあつて，組織は不明瞭，圧搾により 1/3 の泥炭が出る。残渣は極度に粥状であるが，握る前の泥炭に比べ植物組織は識別し易い。

H 7：かなり強度に腐植化し，多量の Dy を含有，なお識別可能な植物組織を含む，圧搾により約 1/2 の泥炭が出る。充分に圧搾しきる際の水は濃厚で“麦粉のスープ”状を呈する。

H 8：強度に腐植化し，極めて多量の Dy を含有，組織の識別は非常に困難，2/3 の泥炭が出る，麦粉スープ状の水，残渣は主として分解しがたい根，木質等よりなる。

H 9：略々完全に分解し，ほとんど大部分が Dy 状，組織はほとんどない，圧搾により略々全量が均一に指間より出る。

H10：完全に分解，全部 Dy 状，植物組織なし，全量が水分と分離せずに指間より出る。

なお以上によつて測定する際，微細粒子の泥土が混入している場合には，判定を誤り易いので注意する必要がある。

3 理化學性の分析法

理化学性の分析法は次の如くである。

最大容水量：FEUSTEL[3] の方法を準用。[17]

塩基置換容量：STAKER[12] の方法による。

Sieve analysis (water)：KUDRJASCHOW の洗滌法[7] を準用し 250 mesh の篩で水洗し，減量を風乾物当りで示した。

Sieve analysis (NaOH)：N/8 NaOH で一夜浸漬した試料について上法と同じく行つた。

相対色度：SIMON 法[3]により N/8 NaOH 浸出の沈澱部における 1 N NH_4OH 可溶部について行つた。

Acetylbromide 不溶部：SPRINGER[14]の方法による。

全窒素：常法による。

Ⅲ 實験結果及び考察

POST 法による分解度が上記の方法によつて分析した理化学性と如何なる相関関係を示すかについて，分解度をX軸におき，これらの理化学性のそれぞれをY軸にとつて，項目毎に回帰式，相関係数及びその有意性について検討した結果は第2表及び第1～7図に示す如くである。

第2表 POST の分解度と理化学性との相関

Table 2 Correlation between degree of humification of peat soils by v. POST and their physical and chemical properties.

分析項目	回帰式	$\bar{x}$	$\bar{y}$	r
1. 最大容水量（風乾物当%）	y＝−162.6 x＋1384.9	3.7	783.4	−0.60**
2. 塩基置換容量（有機物当 me）	y＝16.0 x＋47.6	〃	106.8	0.81**
3. Sieve analysis in water（風乾物当%）	y＝6.4 x＋25.9	〃	49.6	0.57**
4. Sieve analysis in n/8 NaOH（風乾物当%）	y＝6.6 x＋32.3	〃	56.5	0.57**
5. 全窒素（有機物当%）	y＝0.32 x＋1.70	〃	2.88	0.79**
6. 相対色度（沈澱部）	y＝3.9 x＋42.0	〃	56.4	0.43**
7. アセチルブロマイド不溶部（有機物当%）	y＝5.5 x＋3.3	〃	23.3	0.68**

x：POST 法による分解度の平均値 y：理化学性測定値の平均値 r：相関係数 d. f.＝38 **＝1%水準有意性

その結果いずれも1%水準において有意性を示すことが認められたのであるが，以下各項目毎に若干の考察を加える。

1 最大容水量との關係

分解度と最大容水量との関係は第1図に示す如くであり，また第2表において明らかな如く，極めて高い負の相関を示した。

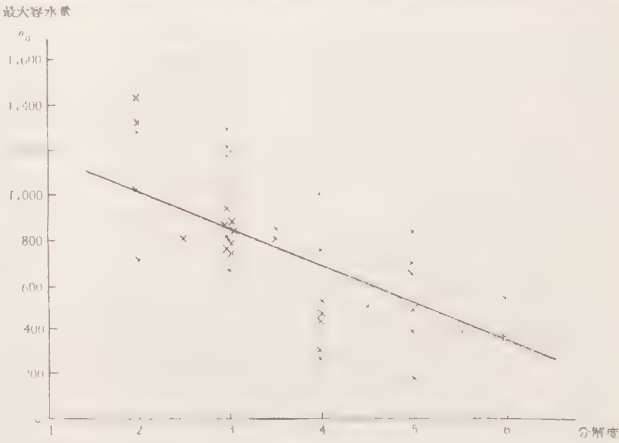
泥炭土壌の容水量と分解度との関係については，坂口[20]が北部サロベツ原野の構造を地質学的に検討するに当り，後に述べる KUDRJASCHOW の方法を準用して分解度を求め，分解度80%位までの泥炭では最大容水量は徐々に減少し，80%以上になると急激に減少することを見ている。また筆者らの中，松実[16)17]がミズゴケ（*Sphagnum* spp.）を主とする高位泥炭土壌について開墾年次の経過に伴い，容水量は逓減する傾向にあることを認め，このことは未熟な繊維状の泥炭が分解して細粒堅密化し，水との状態及び割合に変化を生じた結果によるものと考えたのであるが，前記の如く本実験にお

第1図 分解度と最大容水量

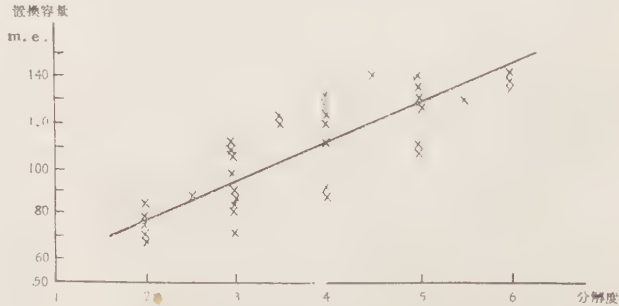
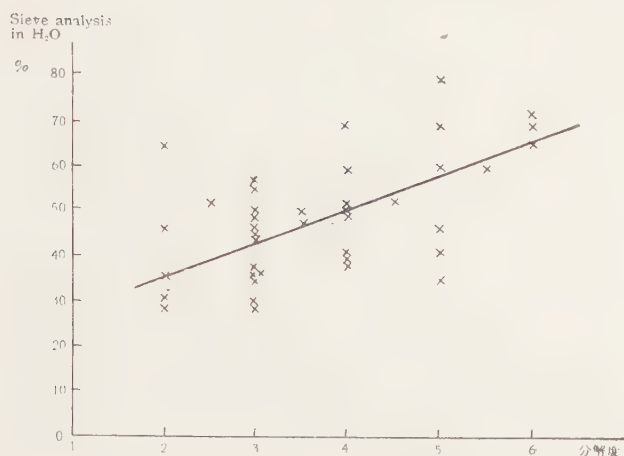
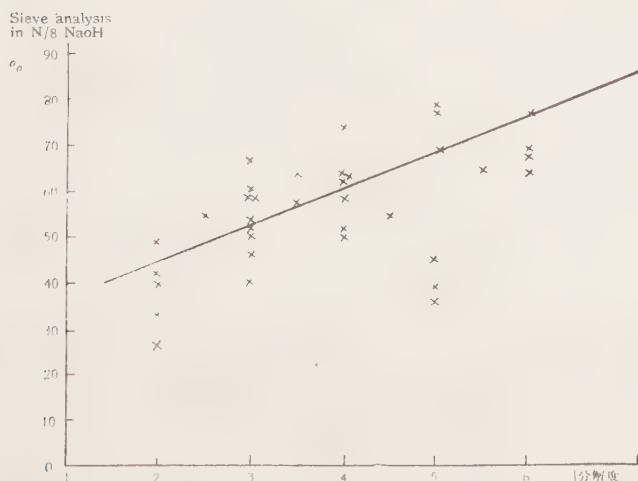
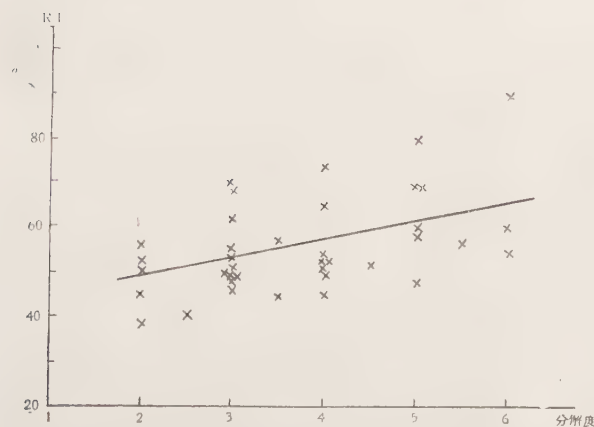
Fig. 1 Relationship between degree of humification and maximum water holding capacity.

第2図 分解度と置換容量

Fig. 2 Relationship between degree of humification and base exchange capacity.

第3図　分解度とSieve analysis
Fig. 3　Relationship between degree of humification and degree of decomposition by sieve analysis in water.

第4図　分解度と Sieve analysis (N/8 NaOH)
Fig. 4　Relationship between degree of humification and degree of decomposition by sieve analysis in N/8 NaOH.

第5図　分解度と相対色度 (RF)
Fig. 5　Relationship between degree of humification and RF by SIMON.

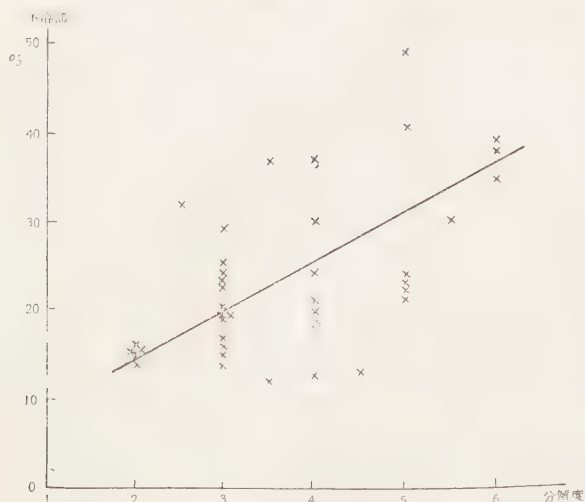
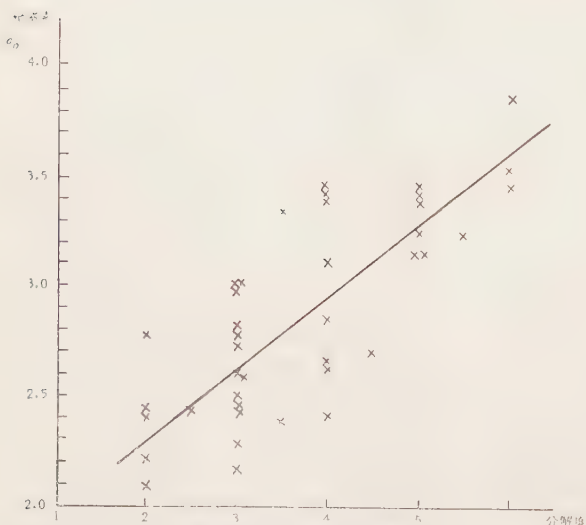
いては主としてスゲ (*Carex* spp.) 及びヨシ (*Phragmites communis*) よりなる未墾低位泥炭土壌において同様の傾向にあることが認められ，分解度と容水量との上記の関係は泥炭土壌に普遍的なものと思考される。しかしながら，山県[15]らがヌマガヤ (*Moliniopsis* spp.) を主とせる尾瀬ヶ原泥炭について，KEPPELER の腐植化度との間においては，あまり明瞭な関係が見られなかつたことを報告しており，今後なお検討を加える要がある。

更に容水量の変化は，当然他の理学性例えば容積比重等にも変化を来していることが考えられ，従つて分解度との間に同様高い相関のあることが推察されるのであるが，これらについても今後の検討に俟ちたい。

2 鹽基置換容量との關係

分解度と塩基置換容量との関係は第2表に明らかなように，極めて高い正の相関を示しており，その分解度別分布図は第2図に示す如くである。このことはまたミズゴケを主とする高位泥炭土壌について，開墾年次を経るに伴つて置換容量が増大し，同時に塩基飽和度，pH，置換性石灰等の増加が見られ，[17] また別報の如く新墾地において泥炭層を切断し，地下水位を低下せしめて熟畑化を促進させると，然らざるものに比べ表土，下層土共に上記の如き変化を示す傾向を認めており，[18] これらのことから泥炭土壌は高位，低位泥炭共，また未墾，既墾地共に分解が進むに伴い置換容量が増大する傾向にあることが考えられる。また塩基飽和度，置換性石灰等と分解度との相関関係も予想されるところであるが，これらについては今後検討を重ねる考えである。

3 Sieve analysis による分解度との關係

Sieve analysis (Water) による分解度との関係は第3図，Sieve analysis (NaOH) との関係は第4図に示す如くで

第6図 分解度と Acetylbromide 不溶部
Fig. 6 Relationship between degree of humification and aceylbromide insoluble substance by SPRINGER.

第7図 分解度と全窒素
Fig. 7 Reationship between degree of humification and total nitrogen content.

ある。第2表に見られる如く，いずれも高い正の相関を示している。

BÜLOW[7] によれば，KUDRJASCHOW 洗滌分析法は DOKTUROWSKY がロシヤ泥炭地の地層学的研究において，限界層位 (Grenzhorizont) の調査に用いた方法であるが，蓋し本法は，泥炭構成植物の纖維組織が分解によつて膠質化すれば，水洗によつて篩別され，從つてその減量を求めると，分解の程度を示すことが出來るとの考え方に立つものと思われ，このことは POST 法による分解度が指間より出る膠状化せる泥炭搾出物の量を判定の主要な要素としていることと相通ずるものと考えられる。

坂口[19]らは泥炭層生成の地質学的研究においてこれを準用し，10% KOH で煮沸後，0.25 mm の篩で水洗後の減量割合を以つて分解度としている。

筆者らは前記の考察から，篩はより細かい方が望ましいと考え，250 mesh のものを用い，また水による洗滌篩別法の他に，SIMONの用いている N/8 NaOH による浸出についても実験を試みた。このことはさきに筆者らがホロイスゲーミズゴケ泥炭土壤，及びヨシ泥炭土壤についての実験において，N/8 NaOH に浸出溶解する腐植部分は，比較的に易分解性であることを推定せる結果によるものであるが，本実験の結果から NaOH 前処理を行つたものは，平均値において，水洗のみに比べ約7%多く，洗滌によつて流失減少していることが見られた。しかし両者の POST 法による分解度との相関係数は等しいことから，分解度の測定法としては，測定容易な水洗のみによつて篩別することで充分間に合うことと考えられた。

また POST 法による分解度の測定には多分に測定者の主観が入り，個人差も加わつて，相当異なつた値が出るのではないかと考えられたのであるが，同一試料について筆者らが各々測定した結果は大体一致し，更に本実験結果によつて POST 法による分解度が Sieve analysis による分解度と極めて高い相関を示したことから，POST による方法が比較的に的確な方法であることを証し得たものと考える。

4 相對色度との關係

相対色度との関係は第5図に示す如くである。相関係数は第1表によつてみると，他の項目に比べてやや低い，がしかしやはり1%水準において有意性を示している。

相対色度は単位炭素当りの腐植の色の濃さを表現するもので，既報[17]において，高位泥炭土壤が開墾年次の経過に伴い色度は増大する傾向を示すことを見たのであるが，本実験の結果もこれと一致し，未墾低位泥炭土壤もまた分解度の増加と共

に同様の変化を示すことは興味ある結果と考えられ，また今後泥炭土壌の腐植化過程における腐植の形態変化を考究するに当り，本法を用い役立つ面が多いものと考えられる。

5 Acetyrblomide 不溶部との関係

Acetylbromid 不溶部との関係は第6図に示す如くで，第2表により極めて高い相関々係のあることが知られる。

Acetyl bromide 不溶部は SPRINGER[14] が木材の溶剤である Acetylbromide によつて溶解する土壌腐植は，リグニン的性質が顕著で，未熟な段階にあるものとし，不溶解部分を腐植化の進んだ段階にあるものとして，これと区別し，真正腐植 (Echte Humus) と名付けたものであるが，本実験結果から，POST 法による分解度がよくこのことと一致し，真正腐植の含有割合が多いものは分解度が高く表わされることを示している。

6 全窒素との関係

全窒素の分解度別分布図は第7図に示す如くである。第2表についてみると，極めて高い相関を示すことが認められ，本実験に供試せる未墾低位土壌の窒素含量が POST 法による分解度が高くなると共に窒素含量が増加することが示されている。

泥炭及び各種土壌等により抽出せる腐植酸の腐植化過程と窒素含量の変化については，熊田[21]，林及び長井[22]の研究があり，腐植化の進行に伴い窒素が富化することでは一致しているのであるが，本実験結果は泥炭土壌全体の分解度と窒素含量との間にも密接な関係が認められたもので，今後この結果を基にして，泥炭の性状変化に対する研究を進めることが必要であると考える。

以上は POST 法による分解度と供試泥炭土壌の理化学性の間の関係について，従来の実験結果と合せて検討を行つたのであるが，その結果，分解度は各項目と極めて高い相関を示し，かつ従来の実験結果とも一致した傾向にあることが考察され，今後なお検討すべき面も多いが，分解度の指数は同時にまた未知の試料の理化学性をも推定せしめられることが考えられる。SEGEBERG[10] は，ミズゴケ泥炭の真比重との間に推定値を算出しているのであるが，これらについては，構成植物別に更により多くの実験を重ねる要があるが，分解度と理化学性の関係が明確にされるならば，農耕地として利用せんとする泥炭地に対し，POST 法を用いての現地調査によつて，開墾，土地改良，耕種法等に対する計画，指導，ならびに実施の面において，極めて有用なる資料を提供し得ることが予想される。

かかる見地から，今後農業上の立場からの泥炭土壌の調査研究に，本方法を利用することが必要であると考えるのであるが，なお今後の検討によつてこれらの点について明らかにしたい。

Ⅳ 要　　約

釧路低位泥炭土壌を供試し，POST 法による分解度と，二，三の理化学性の間の相関々係について検討した。

その結果，容水量とは負の相関を示し，置換容量，Sieve analysis による分解度，相対色度，Acetylbromide 不溶部，全窒素等とは正の相関を示し，いずれも相関係数は相当高く，1%水準で有意性のあることが認められた。これらの結果はいずれも従来の結果と一致しており，今後実用して役立つ面が多いと考えられるが，泥炭の種類別に実験を重ね，理化学性の推定が求められれば，より有効であろうと考えられた。

参 考 文 献

1) WAKSMAN, S. A. and TENNEY F. G. 1928: Composition of natural organic materials and their decomposition in the soil: Ⅲ. Soil Sci., vol. 26.

2) 市村三郎 1955：泥炭の化学的組成について，土・肥・誌，25巻，6号，26巻，1号.

3) FEUSTEL, I. V. and BYERS, H. G. 1930: The physical and chemical characteristics of certain American peat profiles. Unit. Stat. Dept. Agr. Washington. Tech. Bull. 214,

4) WILSON, B. D. and STAKER, E. V. 1933: The character of the peat deposits of New York. Cornell Univ. Agr. Exp. Stat. Memoir, 149.

5) 浦上啓太郎・市村三郎 1937： 泥炭地の特性とその農業，北海道農試彙報，60号.

6) 浦上啓太郎・飯塚仁四郎・瀬尾春雄 1951 ： 石狩国泥炭地土性調査報告，北海道農試土性調査報告，第4編.

7) BÜLOW, K. 1929: Allgemeine Moorgeologie.

Handbuch der Moorkunde, Bd. 1.

8) SALMI, M. 1949 : Physical and chemical peat investigations on the Pinomänsuo Bog. Sw. Finland. Geolog. Tutkimuslaitos Bulltin de la Commission Geolog. de Finland, No. 145.

9) MATTSON, S. and KOUTLER-ANDERSSON, E. 1954 : Geochemistry of a raised bog. Annal. Agr. Coll. Swed., 21.

10) SEGEBERG. H. 1956 : Über den Zusammenhang zwischen den "Humositätsgraden" nach v. Post, den "Vertorfungsgraden" nach Keppeler und den spezifischen Gewichten von Hochmoortorfen. Zts. pflanzern. Düng. Bodenk. 73.

11) 飯塚仁四郎・瀬尾春雄，1956：釧路国泥炭地土性調査報告．その一，北海道農試土性調査報告，第8編.

12) STAKER, E and WILSON, B. 1935 : Ionic exchange of peats. Cornell Univ. Agr. Exp. Sta. Memoir, 172.

13) SIMON, K and SPEICHERMAN, H.、1938 : Beitrage zur Humusuntersuchungs methodik. Bodenk. U. Pflanzern. 8.

14) SPRINGER, U. 1928 : Die Bestimmung der organischen insbesondere d. humifizieren Substanz in Boden. Zts. Pflanzern. Düng. Bodenk. All.

15) 山県登・山県穎子，1956：尾瀬ケ原泥炭層断面の分析（1報），土•肥•誌.，26巻，9号.

16) 松実成忠，1956：泥炭土壌の熟圃化に関する研究（1報），北海道農試彙報，69号.

17) 松実成忠，1957：泥炭土壌の熟圃化に関する研究（3報），北海道農試彙報，72号.

18) 松実成忠・庄子貞雄・沢田泰男・藤森信四郎・[illegible]崎直美，1957：泥炭層の切断が地下水位に及ぼす影響について（2報），北海道農試彙報，73号.

19) 坂口豊・三井嘉都夫・藤浪武三，1954：埼玉県見沼泥炭地について，資源科学研．彙報，34号.

20) 坂口豊，1955：天塩地方北部サロベツ原野の構造 資源科学研．彙報，38号.

21) 熊田恭一，1955：腐植酸の形成に関する物理化学的研究（6報），土•肥•誌.，26巻，5号.

22) 林常孟・長井武雄，1956：土壌腐植酸の Component について（3報），土•肥•誌.，26巻，9号，

Résumé

Relationships between degree of humification according to VON POST and some physical and chemical properties of low peat soils in Kushiro district have been obtained.

Correlation coefficient of the humification degree with every property is as follows: base exchange capacity 0.81** ; decomposition degree by sieve analysis (in water) 0.59** ; decomposition degree by sieve analysis (in N/8 NaOH) 0.57** ; relative value of color (RF) by K. SIMON's method 0.43** ; acetylbromide insoluble organic substance by U. SPRINGER's method 0.68** ; total nitrogen content 0.79** ; and maximum water holding capacity −0.60**.

These values are significant at the one per cent level, and all of values show positive except maximum water holding capacity.

From these results the authors presume that this method can be used successfully for survey and for research from the agricultural viewpoint.

泥炭層の切断が地下水位に及ぼす影響について

第2報　効果の持続と泥炭土壌の理化学性に及ぼす影響

松　実　成　忠*　庄　子　貞　雄*　沢　田　泰　男*
藤　森　信四郎**　宮　崎　直　美**

INFLUENCE OF THE CUTTING OF THE PEAT STRATA ON THE GROUND WATER LEVEL

II CONTINUANCE OF THE LOWERING EFFECT OF THE GROUND WATER LEVEL AND PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF PEAT SOILS

By Shigetada MATSUMI, Sadao SHOJI, Yasuo SAWADA,
Nobushirō FUJIMORI and Naomi MIYAZAKI

I 前　　言

さきに筆者らのうち，藤森・宮崎[1]は排水施行後においても溝間の地下水位低下の困難なる高位泥炭地の新墾地において，溝間隔を狭めることなく地下水位の低下を図る方法として圃場の泥炭層を切断することを試み，その結果明らかに地下水位の低下が見られ，地温も第2年目にはやや顕著に上昇を来たすことを報告し，またこれらの効果の持続及び作物収量への好影響が期待されることを述べた。

本報においては，前報に引続いて，試験第3年目（1955年）の圃場試験の結果，効果の持続及び作物の生育収量に及ぼす影響について明らかになつた点と，更に泥炭層の切断により変化した泥炭土壌の理化学性について二，三の実験を行つた結果とを，取り纏めて報告する。

本試験の取り纏めに当り，種々御教示を受けた農芸化学部長西潟高一技官に深く感謝の意を表する。

II 圃　場　試　験

A　試験區及び試験方法

試験区及び試験方法は，前報の新墾地における試験の継続であるが，概要を記すと第1表の如くである。

第1表　試　験　区　別

Table 1　Experimental plots.

No.	区　　　名	処　　理　　別
1	対　照　区	切　断　せ　ず
2	直角 0.5 m切断区	排水溝に直角に，間隔 0.5 mに切断
3	直角 1.0 m切断区	同上，間隔 1.0 m に切断
4	平方 0.5 m切断区	排水溝に直角と平行の二方向に間隔 0.5 mに切断
5	平方 1.0 m切断区	同上，間隔 1.0 m に切断

備考　排水溝の深さ 90 cm，切断は排水溝掘鑿用太刀を使用，切断距離は溝縁より 10 m まで，深さは 90 cm。燕麦及び小豆の交互作（1区制）堆肥，石灰は施用せず他は一般耕種法により耕作。

B　實験結果及び考察

1.　地下水位の低下度及び効果の持続

地下水位の測定は，排水溝縁より 2 m毎に多数の側孔を有する丸竹を埋設して測定地点とし，5月始めより 11 月末まで約5日毎に 26 回の測定を行つた。測定せる地下水位の平均値を示すと第2表の如くである。

これによつて，試験第3年目においても切断各区は対照区に比し明らかに地下水位が低下していることが認められる。切断各区間の関係は，相互に顕著な差はないものと見られるが，直角，平方切断とも，間隔 0.5 m 区の方が 1.0 m 間隔の区に比

* 農芸化学部土壌肥料第2研究室
** 　同　　泥炭地研究室

第2表 地下水位の平均測定値

Table 2 Mean values of ground water level (cm).

区別	年次	溝縁より2m地点	4m地点	6m地点	8m地点	10m地点
1. 対照区	1955 (1953)	58.2 (58.1)	53.1 (49.2)	44.9 (43.7)	44.1 (42.3)	36.7 (40.1)
2. 直角0.5m区	1955 (1953)	62.9 (60.2)	55.6 (50.6)	46.8 (46.7)	46.2 (44.8)	4[illegible].5 (41.6)
3. 直角1.0m区	1955 (1953)	63.5 (59.7)	55.0 (51.1)	46.8 (48.0)	48.1 (44.5)	44.2 (41.5)
4. 平方0.5m区	1955 (1953)	62.7 (60.4)	53.7 (51.6)	46.2 (48.0)	46.1 (45.2)	45.0 (44.3)
5. 平方1.0m区	1955 (1953)	64.7 (60.9)	56.5 (52.0)	49.9 (48.0)	49.3 (44.7)	45.7 (42.6)

べて低下の程度がやや少なく，このことは前報において報告した初年目（1953年）及び第2年目（1954年）の成績と同傾向であつて，前に考察したように，試験当初，泥炭層の切断に際し切断間隔が狭い場合には隣接切断口を圧着せしめて通水を阻害し却つて切断の効果を減ぜしめることが第3年目にも影響している結果と考えられる。1.0m間隔においては，大差はないが，やや平方に切断せる区が勝つている傾向が見られる。

泥炭層の切断が地下水位の低下に及ぼす効果の持続については，第2表において（ ）で示した試験初年目における地下水位の平均値と比べて推察されるのであるが，なおこの関係を明らかにするために，それぞれの年次における対照区の地下水位を規準にとつて，切断による地下水位の低下量を求め第3表に示した。

第3表 切断による地下水位の低下量

Table 3 Lowering grade of ground water level by means of strata cutting.

区別 \ 年次 \ 溝縁より	2m地点 1953	2m地点 1955	4m地点 1953	4m地点 1955	6m地点 1953	6m地点 1955	8m地点 1953	8m地点 1955	10m地点 1953	10m地点 1955
	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
2)直角0.5m区	2.1	4.7	1.4	2.5	3.0	1.9	2.5	2.1	1.5	9.8
3)直角1.0m区	1.6	5.3	2.9	1.9	4.3	1.9	2.2	4.0	1.4	7.6
4)平方0.5m区	2.3	4.5	2.4	0.6	4.3	1.3	2.9	2.0	4.3	8.3
5)平方1.0m区	2.8	6.5	2.8	3.4	4.3	4.0	2.4	5.2	2.5	9.0

これによつて見ると，初年目と3年目とにおける切断による地下水位の低下量は，区により又地点によつて多少動きが見られるが，全体として効果が持続していることが認められ，更に10m地点においてはむしろ初年目よりも低下量が大となつていることが見られた。このように溝縁より遠い地点において，対照区に比し地下水位の低下割合の大なることが，多量降雨後の地下水位の測定においても見られることは第1表に示す如くである。

第4表 降雨後の地下水位

Table 4 Ground water level after heavy rainfalls (1955).

区別 \ 溝縁より	2m地点	4m地点	6m地点	8m地点	10m地点
	cm	cm	cm	cm	cm
1. 対照区	49.6	43.6	33.8	32.3	25.3
2. 直角0.5m区	45.0	44.5	36.3	34.9	35.5
3. 直角1.0m区	51.9	42.9	42.2	38.0	32.8
4. 平方0.5m区	49.7	43.7	47.9	31.3	27.6
5. 平方1.0m区	48.3	44.8	38.1	33.8	35.4

備考 降雨量：58.4mm（8月28日）
地下水位測定：8月29日～9月3日6日間平均値

以上の結果から，試験当初考えられた表土の耕耡により切断口が埋没して効果が無くなるということはなく，将来とも排水の効果は持続するものであることが推定される。

2. 地温に及ぼす影響

地温の測定は，排水溝縁より6mの地点で，地中10cm及び30cmの深さにおいて行つた。その結果は第5表に示す如くである。

これによれば，切断区は対照区に比し，10cm地温及び30cm地温とも，5月中やや低目であるが，理由については明らかでないが，6月以降において上昇し，試験2年目と同様の傾向が認められた。

3. 作物の生育並びに収量に及ぼす影響

3年目（1955年）の供試作物は燕麦（品種は「前進」）で，その生育調査の結果について排水溝縁より6mから8mまでの区間における調査成績を以つて示すと，第6表の如くである。

これによれば，生育日数には変りがないが，草丈及び莖数が，対照区に比べ切断各区はいずれも勝つていることが見られる。

収量調査の結果は，第7表に示す如くである。

第5表 地温測定結果

Table 5 Observation results of earth temperature (°C, depth of 10 cm and 30 cm) (1955).

区別 \ 時期別	5月 上旬	5月 中旬	5月 下旬	6月 上旬	6月 中旬	6月 下旬	7月 上旬	7月 中旬	7月 下旬	8月 上旬	8月 中旬	8月 下旬	9月 上旬	9月 中旬	9月 下旬
地中 10 cm 地温															
1. 対照区	7.0	9.6	11.3	13.8	15.6	16.0	19.1	21.5	22.2	22.3	21.6	21.7	17.7	16.7	13.4
3. 直角 1.0 m区	6.6	9.3	11.2	14.0	15.9	16.2	19.1	21.8	22.7	22.4	21.8	21.8	17.9	17.0	13.9
5. 平方 1.0 m区	6.6	9.2	11.1	13.9	15.9	16.4	19.1	[illegible]	22.6	22.5	22.1	21.8	[illegible]	17.5	14.5
地中 30 cm 地温															
1. 対照区	6.3	8.0	9.8	11.7	13.7	14.5	16.2	18.2	20.1	20.9	20.7	21.0	19.5	18.0	15.9
3. 直角 1.0 m区	5.8	7.7	9.6	11.4	13.6	14.7	16.4	18.5	20.4	21.0	20.8	21.1	19.6	18.2	16.5
5. 平方 1.0 m区	5.8	7.8	9.9	11.7	13.9	15.1	16.9	19.0	20.9	21.5	21.5	21.6	20.2	18.6	16.8

第6表 燕麦生育調査結果

Table 6 Observation of plant growth (oats, 1955).

区別 \ 項目	発芽期	出穂期	成熟期	生育日数	草丈 出穂始	草丈 成熟期	茎数 出穂始	茎数 成熟期
	月・日	月・日	月・日	日	cm	cm	本	本
1. 対照区	5.16	7.8	8.4	95	60.3	92.5	26	23
2. 直角 0.5 m区	5.17	7.7	8.4	95	70.7	101.1	38	28
3. 直角 1.0 m区	5.17	7.8	8.4	95	68.2	95.4	36	31
4. 平方 0.5 m区	5.17	7.8	8.4	95	70.2	99.0	29	29
5. 平方 1.0 m区	5.17	7.7	8.4	95	64.1	102.6	33	28

これによれば，切断各区間の傾向は明らかでないが，対照区に比べると生育において見られた如く，収量についても10～30％の増収が示された。

以上の結果は，切断により地下水位が低下し作物の根の発育領域を増大し，地温の上昇が生育を促進するとともに，これらの条件は同時に泥炭土壌の分解を進めて理学性を変化せしめ，また養分の補給も増加したためと考えられる。

第7表 燕麦収量調査結果

Table 7 Crop yields (g/4 m²) (1955).

区別 \ 溝縁よりの区間	0～2 m	2～4 m	4～6 m	6～8 m	8～10 m	平均 (0～10m) 収量	平均 (0～10m) %	平均 (2～10m) 収量	平均 (2～10m) %
	g	g	g	g	g	g		g	
1. 対照区	428	445	499	373	395	428	100	428	100
2. 直角 0.5 m区	545	590	621	571	534	572	134	579	135
3. 直角 1.0 m区	289	461	434	561	618	473	110	519	121
4. 平方 0.5 m区	398	542	512	594	695	528	123	586	137
5. 平方 1.0 m区	511	524	518	566	495	523	122	526	123

なお排水溝縁より2mまでの区間においていちじるしい差が見られるのは，排水の過度による乾燥の影響によるものと考えられるので，この間を除いて求めた収量は第7表中最右欄，収量（2～10m）の如くである。

Ⅲ 泥炭土壌の理化學性の變化

前述の如く，泥炭層を切断することによつて，圃場の地下水位の低下を齎らしその結果，地温の上昇も認められたのであるが，このことは当然土壌に影響を及ぼしその理化学性に変化を生ずることが考えられる。よつてこの点について二，三の実験を試みた。

A 供試土壌

供試土壌は試験2年目跡地（1954年11月）及び3年目跡地（1955年11月）における各区の表土及び下層土であるが，特に3年目跡地においては第1図に示すような土層の分化が認められた。即ち，土層断面を見るに3年目跡地においては，

第1図 土層断面 (1955)
Fig. 1 Profile of soils.

切断各区の下層土の上部約10 cmは明らかに対照区の下層土よりは黒色味を帯び暗褐色を呈し分解が進んでいることが知られたので，下層土2層を採取して試料に追加した。

B　實 験 方 法

1. 理　　学　　性

泥炭土壌の理学性の測定は，普通鉱質土壌と同一方法によつては求め難い点があり，これらについて，Feustel & Byers[2]，山県ら[3]などの研究がある。

筆者らのうち，松実[4]はさきに開墾年次を異にした泥炭土壌の理学性について検討し，その際客土泥炭土壌と対比する関係上，客土していない土壌についても風乾破砕し篩別せる細土を供試し，普通鉱質土壌に用いられる方法によつて実験を行つた。その結果，開墾年次に伴い，その方法によつた理学性についても一定の傾向が示されることを見たので，本実験においても，先ず，2年目土壌については風乾細土について，容積比重は常法により求め，最大容水量の測定には，Feustel等[2]の方法を準用した。[9]

3年目土壌については，風乾による理学性の変化を避けるため，湿潤土を用い，浦上・市村[5]が泥炭土壌の乾燥収縮度の測定に用いた方法及び山県ら[8]の研究方法などを勘案して，次の如く行つた。即ち，表土については，その中に含まれる新鮮植物根を除去し，濾紙及び布片を底とした容水量測定用ガラス円筒内に「密」の状態に塡充し，その内容物の重量 Wo，容量 Vo を求め（以下，内容物の重量W，容量Vで示す），次にそれを水中（深さ約1 cm）に1夜浸漬，吸水せしめたものについて，Ww 及び Vw を求め，更にそれを乾燥（110°C，約10時間）したものについて，Wd 及び Vd を求める。

これらの測定値より次の如く算出する。

$$容積比重（\mathrm{I}）=\frac{Wo-水分}{Vo}$$

$$容積比重（\mathrm{II}）=\frac{Wd}{Vw}$$

$$湿潤時の仮比重=\frac{Ww}{Vw}$$

$$乾燥時の仮比重=\frac{Wd}{Vd}$$

$$乾燥収縮度=\frac{Vw-Vd}{Vw}\times 100$$

また，吸水湿潤土の水分から容水量（wt %）を求めた。

次に，下層土は自然堆積状態をこわさないように，罐などに採取せるものを，一辺3～5 cmの立方体に切断し，そのWw，Vw及び水分を測定し，乾燥（110°C，約10時間）したものWd，Vdる求めて，次の如く算出する。

$$容積比重（\mathrm{I}'）=\frac{Ww-水分}{Vw}$$

$$容積比重（\mathrm{II}'）=\frac{Wd}{Vw}$$

$$乾燥時の仮比重=\frac{Wd}{Vd}$$

$$乾燥収縮度=\frac{Vw-Vd}{Vw}\times 100$$

2. 化　　学　　性

pH は試料採取後速かに Beckman のガラス電極を用いて測定した。加水酸度は湿潤土を用い浸出割合を1：2.5として求めた。置換容量，置換性水素などの分析は Staker[6] の方法により行つた。易溶性フラクションとして，水溶性フラクションは湿潤土50 gに対し水約200 ccを加えて常温にて1夜放置後，浸出液250 ccを求め，稀酸可溶性フラクションはその残渣に N/100 HCl 約200 ccを加えて70～80°Cで1時間浸出し，稀アルカリ可溶性フラクションはその残渣を水洗後，N/100 NaOH 約200 ccを加えて70～80°Cで1時間浸出し，それぞれ浸出液250 ccを求めて，これらの液の N/10 $KMnO_4$ 消費量を測定し，有機物1 g当に換算した。

腐植の分析は，Simon 法[7]を準用し，湿潤土を用い水分を考慮して，表土は1：10，下層土は1：25の割合で N/8 NaOH で浸出し，沈澱部は1N NH_4OH で溶解して，島津光焰分光光度計によつて吸光係数 Ek_{61}（波長619 mμ）及び Ek_{45}（波長463 mμ）を測定した。N/10 $KMnO_4$ 消費量は原液10 cc当で算出した。また色調係数 TF は Ek_{45}/Ek_{61} で表わし，色度は Simon 法による相対色度 RF として求めず，〔$Ek_{61}/KMnO_4$ 消費量（10 cc当）〕×100で示した。

C　實験結果及び考察

1. 理　　学　　性

試験2年目泥炭土壌の理学性を測定した結果は第8表に示す如くである。

これについて見ると，表土においては容積比重，容水量共に顕著な相違は見られなかつたが，下層土において，その容積比重は対照区に比し切

第8表　2年目土壌の理学性

Table 8　Physical properties of peat soils two years after reclamation (1954).

表　土

項目＼区別	1 対照区	2 直角 0.5 m区	3 直角 1.0 m区	4 平方 0.5 m区	5 平方 1.0 m区
湿潤土含水量(%)	60.2	63.6	54.2	60.7	61.2
容積比重(粗)	0.42	0.41	0.42	0.41	0.42
容積比重(密)	0.51	0.50	0.52	0.50	0.50
最大容水量(%)	204.1	223.3	211.4	236.9	193.7

下層土

項目＼区別	1 対照区	2 直角 0.5 m区	3 直角 1.0 m区	4 平方 0.5 m区	5 平方 1.0 m区
湿潤土含水量(%)	88.8	87.3	86.7	88.5	86.2
容積比重(粗)	0.16	0.17	0.17	0.16	0.17
容積比重(密)	0.18	0.19	0.20	0.19	0.20
最大容水量(%)	762.1	631.5	621.0	654.1	598.3

断各区はやや大となつており，容水量は減少している傾向が認められた。このことは，松実[4]の実験結果から考えて，泥炭層の切断の結果分解が促進されたための変化と考えられるのであるが，泥炭土壌は風乾することによつて，その理学性に変化を受けることも考えられるので，3年目土壌に対しては採取したままの湿潤な状態について，その理学性を測定しようと試みた。

美唄炭泥地研究室の圃場の未墾泥炭土壌は排水溝の設置が古く（1920年），かつ数次の野火を被りまた表面近く（10 cm 下）樽前火山灰の薄層（約2 cm）を夾有しているなどのため，比較的分解が良好であつて構成植物たるミズゴケ (*Sphagnum* spp.)，ホロムイスゲ (*Carex Middendorffii* FR. SCHM.) などの繊維組織の識別が困難であつて，黒色を呈し，全体として表層（火山灰層の上部）は粉状を呈していて，松実[8)9)]による腐植の形態分析の結果からも比較的腐植化が進んでいるものと考えられる。これに反し，下層土は，火山灰層の下位にあたり，その分解程度は極めて不良であつて，[8)9)] その色は淡褐色で，ミズゴケ，ホロムイスゲなどの構成植物の繊維組織は生々しく明瞭である。従つて，かかる状態の表土及び下層土の湿潤土を用いて理学性を測定する場合，両者を同一の方法によつて行うことは困難であるため，前記の如く行つたものである。その結果は第9表に示す如くである。

第9表　3年目土壌の理学性

Table 9　Physical properties of peat soils three years after reclamation (1955).

表　土

項目＼区別	1 対照区	2 直角 0.5 m区	3 直角 1.0 m区	4 平方 0.5 m区	5 平方 1.0 m区	下層土〔Ⅱ〕
湿潤土含水量(%)	47.4	53.9	50.6	53.4	[illegible]	62.3
容積比重(Ⅰ)	0.303	0.338	0.342	0.353	0.331	0.253
容積比重(Ⅱ)	0.368	0.412	0.440	0.448	0.406	0.377
湿潤時の仮比重	0.997	1.062	1.119	1.115	1.063	1.053
乾燥時の仮比重	0.469	0.519	0.537	0.564	0.495	0.563
容水量(wt%)	203.1	194.3	185.9	193.6	209.5	327.1
乾燥収縮度(%)	23.6	20.6	18.0	20.6	17.9	33.1

下層土

項目＼区別	1 対照区	2 直角 0.5 m区	3 直角 1.0 m区	4 平方 0.5 m区	5 平方 1.0 m区	下層土〔Ⅱ〕
湿潤土含水量(%)	88.2	85.0	86.8	83.6	85.8	92.2
容積比重(Ⅰ′)	0.098	0.124	0.131	0.134	0.132	0.069
容積比重(Ⅱ′)	0.100	0.122	0.141	0.117	0.111	0.101
乾燥時の仮比重	0.244	0.347	0.489	0.344	0.381	0.183
乾燥収縮度(%)	58.8	64.8	71.2	66.1	69.4	44.4

まず2年目において幾分変化が見られた下層土につき検討すると，容積比重は測定法（Ⅰ′）も（Ⅱ′）も共に，切断各区は対照区に比べて大であり，下層土〔Ⅱ〕が最小である。このことは風乾細土を用いた前記の2年目土壌におけると同じ傾向であつて，切断によつて泥炭土壌の分解が促進された結果と考えられる。

乾燥収縮度は，湿潤状態の容積に対する乾燥脱水によつて減少した容積の割合を表したものであるが，最も分解状態不良と考えられる下層土〔Ⅱ〕が最小で，切断各区は対照区に比べていずれも高い収縮割合を示している。これは，前に記したように，下層土では繊維状のままあたかも紙を重ねた如く堆積している状態であつて，かかる場合には未熟な方が，乾燥脱水に際しその組織の形状を比較的そのまま維持し，容積の収縮割合としては

低く示されることが考えられる。一方，見掛上の収縮度が少ない反面，中空で空隙が多い状態であることは，乾燥時の仮比重が丁度これと関連を示していることから，了解されるところである。このように，下層泥炭において分解不良の方が，分解の進んだものよりも乾燥収縮度及び乾燥時の仮比重が小であることは，山県ら[3]が尾瀬ヶ原泥炭層について見出した結果と一致している。

次に表土について見ると，測定のやり方を異にするために直接下層土の値と比較することは出来ないのであるが，表土間にも3年目においては相違が示され，容積比重は，測定法（Ⅰ）によるも（Ⅱ）によるも共に泥炭層の切断によつて，対照区及び参考として行つた未墾地におけるよりも大となつている。同時に，切断各区の湿潤時の仮比重及び乾燥時の仮比重は共にやや高い値を示しており，容水量は反対にやや低い。これらの相違は湿潤土を用いての本法によつたがために示されたのであるか，或はこの変化が3年目になつて表れたものであるかは明らかでないが，いずれにしても，分解が促進され泥炭粒子が緻密になることによつて示されたものと考えられる。しかるに，乾燥収縮度は下層土と趣を異にし，表土では未墾地が最も大きく，対照区がこれに次ぎ，切断各区はいずれも少ないことが示されている。

このことは，下層土における，容積比重及び乾燥時の仮比重と収縮度との間の関係とは異なつた結果であつて，以下若干考察を加えてみる。前記の如く，下層土が繊維状を示しているに対し，表土はその大部分が，分解破砕された細粉状の泥炭からなり，中に少しく繊維質の細片を含んでいる状態を呈しており，このことによつて乾燥による収縮状態を異にするものと考えられる。未墾地表土は，乾燥処理を受けることが始めてであつて収縮度が大であるに対し，試験区表土は，既に耕起破砕され乾燥が行われて，泥炭粒子が収縮を行つて不可逆性を有し，従つて前者に比べて収縮度が少なく示され，試験区の中では，切断各区は対照区に比べて，分解による粒の緻密化が進んでいるために，その傾向が著しいものと考えられる。即ち，表土においては，分解が進んでいる程，乾燥収縮度は少なく示されるものと思考されるのであるが，かくの如く，泥炭土壌の表土（耕土）と下層土とが，容積比重などの理学性と乾燥による収縮度において，異なつた傾向を示すということは，泥炭土壌の分解の程度をその理学性によつて考察せんとする場合において，充分注意を要することと考える。

切断各区間の相違は，表土，下層土などいずれの理学性についても，前述せる圃場試験の成績におけると同様に，明らかな傾向は認められなかつた。

湿潤土の含水量は，2年目土壌（第8表）については表土，下層土とも明らかな傾向は認められず，3年目土壌（第9表）においては，表土は対照区が最も低い値を示しているが，これは試料採取の不手際によるもので，おそらく実際の圃場では大差がないものと考えられるのであるが，下層土においては，明らかに切断により低下していることが認められる。

以上，切断による理学性の変化は，さきに松実[4]が表土について，開墾年次の経過とともに真比重，容積比重，実績%などを増加し，逆に容水量，孔隙%などを減少していると報告した結果及び，下層土については，分解度の指標として，収縮率或は乾燥時の見掛の比重が適当であるとの山県ら[3]の報告などと関連し，泥炭層の切断により，地下水位の低下が齎らされ，含水量の減少，地温の上昇が行われて微生物の活動が促進された結果，疎鬆未熟な繊維状の泥炭が次第に緻密な細粒化された状態に変化して行くこと，即ち分解されて行く方向にあることを示しているものと思考される。

2. 化　学　性

試験2年目土壌について，化学性を実験した結果は第10表の如くである。

この結果を概観して，先ず表土について，易溶性フラクションなどには明らかな傾向は見られないが，pH は切断各区が対照区に比べやや高く，加水酸度はやや低いことが示されている。即ち，泥炭層の切断により，酸性が緩和されており，また塩基飽和度が増加しており，このことは切断によつて分解が促進されて塩基が富化されつつある結果を示すと考えられるが，置換性塩基量がやや増加していることは，このことを裏付けているものといえよう。

第10表 2年目土壌の化学性

Table 10 Chemical properties of peat soils two years after reclamation (dry basis, *; N/10 $KMnO_4$- titration cc/org. matter) (1954).

区別 / 項目	表土 1 対照区	2 直角 0.5m区	3 直角 1.0m区	4 平方 0.5m区	5 平方 1.0m区	下層土 1 対照区	2 直角 0.5m区	3 直角 1.0m区	4 平方 0.5m区	5 平方 1.0m区
灼熱損失量 (%)	41.5	43.2	38.9	36.0	42.7	93.4	85.2	90.5	88.0	81.0
pH (H_2O)	4.31	4.47	4.40	4.67	4.60	4.15	4.05	3.92	4.17	4.22
加水酸度 (Y_1)	117.1	125.5	108.2	118.3	137.7	378.1	328.2	326.5	324.4	326.1
置換容量 (M.E)	49.5	57.1	49.9	47.5	53.2	123.5	127.1	119.7	121.1	118.9
置換性水素 (M.E)	39.6	42.7	37.5	36.9	41.2	88.5	93.0	95.8	90.5	91.7
置換塩基 (M.E)	9.9	14.4	12.3	10.6	11.9	35.0	34.0	23.9	30.6	27.2
塩基飽和度 (%)	20.1	25.2	24.7	22.3	22.4	28.3	26.8	19.9	25.3	22.9
水溶性フラクション *	1.4	1.4	1.6	1.9	1.4	31.2	20.9	27.2	29.8	29.3
稀酸可溶性フラクション *	7.0	8.9	5.6	8.0	6.6	13.3	9.2	9.8	13.4	11.1
稀アルカリ可溶性フラクション *	139.3	144.7	111.6	162.7	147.3	340.0	272.7	289.8	371.4	308.6

註 * 有機物1g当 N/10 KMnO 消費量 (cc)

下層土においては，いずれについても，明らかな傾向が認められなかつた。

次に，3年目土壌については，分解の状態と関係が深いと考えられる。腐植の形態を主体として実験を行つたのであるが，その結果は第11表に示す如くである。

第11表 3年目土壌の化学性

Table 11 Chemical properties of peat soils three years after reclamation (1955).

区別 / 項目	表土 1 対照区	2 直角 0.5m区	3 直角 1.0m区	4 平方 0.5m区	5 平方 1.0m区	下層土 1 対照区	2 直角 0.5m区	3 直角 1.0m区	4 平方 0.5m区	5 平方 1.0m区	下層土 (田)
灼熱損失量 (%)	43.4	40.7	41.4	40.6	41.4	94.0	96.3	94.0	96.1	94.0	97.1
pH (H_2O)	4.34	4.54	4.53	4.76	4.78	4.11	4.46	4.45	4.55	4.48	3.85
N/8 NaOH 浸出部											
$KMnO_4$ 消費量 a (ccm_{10})	124.2	91.7	128.3	117.8	107.8	215.0	191.0	163.0	196.0	206.0	88.5
$KMnO_4$ 消費量 b (ccm_{10})	26.0	23.5	33.5	26.5	26.0	42.0	41.0	28.0	46.0	41.0	45.5
PQ %	79.1	74.3	73.9	80.4	75.8	80.5	78.0	82.8	76.7	80.1	48.6
色度 $\left(\frac{Ek_{61}}{tit\ (ccm_{10})} \times 100\right)$	9.72	10.08	11.01	10.68	11.34	7.14	8.40	8.13	8.94	9.03	6.63
TF	4.04	4.02	3.94	3.97	3.99	4.94	4.38	4.78	4.27	4.19	5.24
N/8 NaOH 沈澱部 $KMnO_4$ 消費量 $N\text{-}NH_3$ (ccm_{10})	89.5	61.3	96.3	85.0	84.0	167.5	169.3	196.7	157.0	166.0	65.0
色度 $\left(\frac{Ek_{61}}{tit\ (ccm_{10})} \times 100\right)$	11.82	12.00	12.36	12.36	12.75	7.17	7.68	8.25	8.79	8.94	6.90
TF	3.74	3.70	3.72	3.71	3.69	5.09	4.60	4.57	4.38	4.32	5.03

備考 表土：N/8 NaOH＝1：10，下層土：N/8 NaOH＝1：25

これについて見るに，先ず灼熱損失量は下層土ではあまり明瞭でないが，表土においては明らかに，切断各区は対照区に比し少ない値を示している。pH は表土については2年目土壌におけると同様の傾向を示し，2年目では明らかでなかつた下層土についても，3年目では，表土と同様に切断によつて緩和されていることが見られた。

腐植化の程度と Simon 法との関係については，熊田[13)14)15)]が腐植化が進んだ腐植ほど，吸光係数が大で，$\Delta \log K$ が小であることを報告し，また

筆者らのうち松実が開墾年次別泥炭土壌の腐植化の程度について検討した結果[9]，開墾年次の増加に伴い，理学性の変化に対応して，N/8 NaOH 浸出の色度が増加し TF は逓減することを見たので，本試験において N/8 NaOH 浸出について，主として色度と TF を指標として腐植化の程度を見ようと試みた。

その結果，第11表に見る如く，表土及び下層土とも，切断各区は対照区に比し，色度はやや高く，逆に TF は低い傾向が見られ，泥炭層の切断によつて腐植化が促進されつつあることが推察された。

以上，切断による泥炭土壌の化学性の変化は，切断各区間の傾向は明らかではなかつたが，対照区に比較し，種々の性質において相異していることが認められ，前記の理学性の変化と対応して，いずれも分解が促進されていることを示しているものであると考えられる。

以上述べた各種の実験結果から，次のことが総括される。即ち，排水溝の効果が溝間に及び難い高位泥炭地の新墾地において，溝の間隔を狭めずに圃場の地下水位を低下せしめる方法として，泥炭層を切断することが効果があり，効果の持続についても可能性の見透しを得たものと思われる。更に，地下水位が低下した結果，地温の上昇が齎され，泥炭土壌の分解が促進されて理化学性が熟畑の方向に変化し，それらの総合結果として，作物の生育並びに収量に好影響を与えるものであることが結論されると考える。

しかしながら，今後において，排水が過度に陥り乾燥に過ぎて収縮が起り，その結果切断口が急速に広がると共に，一層，排水乾燥を促進し，同時に泥炭土壌の分解も過度に行われて不可逆性を帯び，結局，圃場の生産力が極度に低下するということが惹起することも考えられ，これらについて，今後充分留意検討を続けるつもりである。

Ⅳ 要　　約

美唄高位泥炭地の新墾地に対し，泥炭層の切断によつて圃場の地下水位の低下を図る目的で行つている試験について，1955年の圃場試験の成績とあわせて，土壌の理化学性の変化について行つた実験結果とを報告した。その結果を要約すると次の如くである。

1．切断各区における地下水位の低下は，対照区に比し，明らかに認められ，総じて切断による地下水位低下の効果は，今後も持続するものと認められた。しかし切断各区間の相違は明らでなかつた。

2．地温は6月以降において切断各区は対照区に比べ，やや上昇を示した。

3．作物（燕麦）の生育について，切断各区は対照区に比し，草丈，茎数共に勝り，収量は10～30％増加した。

4．3年目跡地土壌の土層において，切断各区では耕土の下約10 cmが暗色を帯び，下層土の分化が認められた。

5．切断各区の土壌は，2年目では下層土に，また3年目には表土，下層土共，対照区に比べて容積比重が大となつており，逆に容水量が減少しているなどの明らかな変化が見られ，分解が促進されていることが認められた。

6．乾燥収縮度は表土と下層土とでは，逆の関係を示し，表土では切断各区が対照区に比べ小で，下層土では大であつた。このことは，表土は耕作の結果破砕細粒化され，乾燥を受けており，下層土は堆積せるままの状態で繊維状であつて，それぞれの泥炭の状態の相違によるものと考えられる。

7．化学性は，切断各区は対照区に比し，2年目表土の置換性塩基の量が増し，酸性が緩和されることが見られ，3年目土壌では下層土でも認められた。

また，3年目では切断各区は対照区に比べ，表土の灼熱損失量，下層土の含水分量の低下が見られかつ表土，下層土とも腐植の色調が高まり，TF は逓減し，これらの結果から，化学性においても切断により，分解が進む方向にあることが認められた。

参　考　文　献

1） 藤森信四郎・宮崎直美　1956；泥炭層の切断が地下水位に及ぼす影響について，北海道農試彙報，69号.

2） FEUSTEL, I. C. and H.G. BYERS, 1930；The physical and chemical characteristics of certain American peat profiles. Unit. Stat. Dept.

of Agric. Washington. Tech. Bull. 214.
3) 山県登・山県穎子 1956；尾瀬ケ原泥炭断面の分析，第1報，日本土・肥・学誌.，26巻，9号.
4) 松実成忠 1956；泥炭土壌の熟圃化に関する研究第1報，北海道農試彙報，69号.
5) 浦上啓太郎・市村三郎 1937；泥炭地の特性とその農業 北海道農試彙報，60号.
6) STAKER, E. and B. WILSON 1935; Ionic exchange of peats. Cornell Univ. Agr. Exp. Sta. Memoir, 172.
7) SIMON, K. und H. SPEICHRMAN, 1938; Beitrage z. Humus Untersuchung Methedik. Bodenk. u. Pflanzernahr. 8.
8) 松実成忠 1956；泥炭土壌の熟圃化に関する研究第2報，北海道農試彙報，69号.
9) 松実成忠 1957；泥炭土壌の熟圃化に関する研究第3報，北海道農試彙報，72号.
10) 熊田恭一 1955；腐植酸の形成に関する物理化学的研究，第2報，日本土・肥・学誌.，25巻，5号.
11) 熊田恭一 1955；腐植酸の形成に関する物理化学的研究，第3報，日本土・肥・学誌.，25巻，6号.
12) 熊田恭一 1955；腐植酸の形成に関する物理化学的研究，第7報，日本土・肥・学誌.，26巻，6号.

Résumé

For the purpose of studying the lowering the ground water level, drainage experiments by cutting of peat strata have been carried out on unreclaimed high moor field at Bibai since 1953.

In this paper, the authors have reported the results of the field experiment in 1955, and physical and chemical analyses of peat soil in 1954 and 1955. The summarized results are as follows:

1. A remarkable influence of cutting has been observed at every treatment plot and it will be permanent. But there is no observable tendency among the cutting plots.

2 It was found that earth temperature is higher at all treatment plots than the control.

3. The better growth of oats has been observed in the length and numbers of tillers, and so the yield has increased ten to thirty per cent at all treatment plots.

4. A new dark-colored layer of soil about 10 cm in thickness has been observed under the surface layer, showing the differentiation of subsoil after three years of cutting.

5. Changes of physical properties have been observed at all cutting plots; apparent density tends to increase and water holding capacity to decrease, in surface soil after two years and in the subsoil after three years.

6. Shrinkage of the surface soil at every cutting plot is lower than in control, while that of the subsoil is higher. The opposite results seem to be dependent upon the different condition between the surface soil and the subsoil; the former is fine and dry, while the latter is fibrous and remains as in its original natural condition.

7. Changes of chemical properties have been observed, too. After two years, exchangeable bases increase andacidity decreases in the surface soil at all cutting plots. Moreover, after three years, loss on ignition of the surface soil and moisture content of the subsoil decrease, and color-value (corresponding to SIMON's RF)tends to increases and so tone-facter (SIMON 's TF) tends to decrease in the surface soil and subsoil.

From these changes of physical and chemical properties, it is thought that the decomposition of peat soil is accelerated by cutting.

馬鈴薯疫病菌の生理学的研究†

第8報　馬鈴薯疫病菌の生育に及ぼす各種 Vitamin 類の影響

酒　井　隆　太　郎*

PHYSIOLOGICAL STUDIES ON *PHYTOPHTHORA INFESTANS* (MONT) DE BARY

PART 8 EFFECT OF VITAMINS ON GROWTH OF *PHYTOPHTHORA INFESTANS*

By Ryutaro SAKAI

I　緒　　言

筆者は従来馬鈴薯疫病菌 (*Phytophthora infestans* (MONT) de BARY) の培養的性質について実験を進めているが，本菌の生育因子として thiamine が必要であることはすでに PAYETTE & PERRAULT 等によつて報告された。[8] また前報に述べたように筆者もこれを確認し，培養液中の thiamine 濃度 0.1 p.p.m. が本菌々糸生育の最適濃度であることを示した。[11] また MILLER,[5] FRENCH[3] 等は二，三の vitamin で菌糸の生育，あるいは胞子形成に対する影響を観察しているが，特に個々の vitamin について本菌の生育に対する影響を定量的に記載した報告をみない。なお FRENCH[3] は本菌が系統によつて生育因子の利用度を異にすることを観察した。[3]

従つて本実験は先ず本菌々糸の生育に対する各種 vitamin 類の影響を検討するため，合成培養液を基礎培地とし，これに供試 vitamin 9種を単独あるいは混合して添加して培養試験を試み，二，三の結果を得たので報告する。

II　實験材料及び実験方法

供試菌は1953年当場圃場罹病馬鈴薯塊茎品種「馬鈴薯農林1号」より純粋分離した保存H_1菌[10] (Race 0)** を使用した。保存菌は茱豆寒天培養基に，培養温度 19°C で10日目毎に植継いだ。

培養は液体培養によつた。予め熱水で十分洗滌した 100 cc 容硬質ガラス三角コルベンに基本培養液を 20 cc 宛分注し，これに所要量の vitamin 溶液を添加して，静置培養を行つた。

基本培養液は従来使用した asparagine-glucose 液[12]を用いた。その組成を示すと次の如くである。

asparagine 1.3 g, KH_2PO_4 0.5 g, K_2HPO_4 0.5 g, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 0.5g, $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ 0.1g, glucose 30.0 g, $FeCl_3$ 0.001 g.

以上に蒸溜水を加え 1 *l* とする。

供試した vitamin の種類及び濃度は第1表に示す如くである。表中の数字は培養液 1 *l* 中の mg 量を示す。なお thiamine 及び biotin 以外

第1表　供試ヴィタミンの種類及び濃度

Table 1　Vitamin and concentrations.

Vitamin	Concentration mg. per liter
Thiamine HCl	0.1
Biotin	0.005
Riboflavine	0.5
Pyridoxine HCl	0.5
Calcium pantothenate	2.0
Choline chloride	2.0
Inositol	4.0
Nicotinamide	2.0
Nicotinic acid	5.0

† 本研究第7報は「馬鈴薯疫病菌の胞子形成に対する紫外線照射の影響」と題し北日本病害虫研究会年報第7号64〜65頁（昭和31年8月）に発表した。

* 病理昆虫部病害第1研究室

** 国際命名法による系統名

の濃度は略 LEWIS[4] の処方によつた。培養液のpHは蒸気殺菌後にpH 5.5になるように HCl を用いて規正した。使用した vitamin 類は何れも東京化成工業 K.K. 製純試薬品である。

培養液の調製に際しては glucose 溶液とその他の部分に分け，前者は活性炭を加え，煮沸冷却後濾過し，試薬糖類に混在する vitamin 類を除去した後，他と併せて 1 l とした。

また接種菌株は前述の asparagine-glucose 培養液に粉末寒天（1％）を加えた寒天平面培地に20日間培養した菌糸を用いた。これに使用した粉末寒天は予め ROBBINS[9] の方法に従つて純化操作を行い，混在する vitamin 類除去につとめた。

その方法は次の如くである。すなわち粉末寒天(Cica 印 関東化学 K.K 製) 50 g に 50％ Pyridine 500cc を加え，室温で40時間放置し，抽出後濾過し，濾紙上の寒天は95％酒精で洗滌し，更に蒸溜水で良く洗滌し，後空気中で乾燥した。

接種方法は従来[10]と同様に行つた。すなわち15乃至20日間平面培養した菌叢の周縁から，直径2 mm の寒天円板を菌糸と共に切りとり，これを培養液面に浮上させた。菌体生育量の測定は一定期間培養した菌体を濾紙で濾過し，菌体を熱水で洗滌後，濾紙を用いて水分を除去し，80～90°C で恒量になるまで乾燥後秤量した。なお同時に培養濾液の pH 並びに一部の培養菌体について胞子形成の測定及び観察を行つた。本実験で報告した図表の菌体重量はすべて培養菌体3個の平均重量を示し，同一実験を2～3度繰返し行い略同様の結果を得た。

なお培養中3個の培養菌体生育量に著しい差が認められる場合はこれを除去した。

Ⅲ 實験結果

1. Biotin 濃度と菌糸の生育との関係

培養基礎実験として本菌々糸の生育に対する biotin 濃度の適量を知るため，予め 1/200N HCl に溶解した合成 biotin を基本培養液 10cc に添加して 0, 10, 20, 30, 50, 70, 100mγ の各区，及び比較上 thiamine (濃度 0.1p.p.m.) 区も同時に設け培養20日後の菌体重量を測定した結果を第1図に示した（第2図参照）。

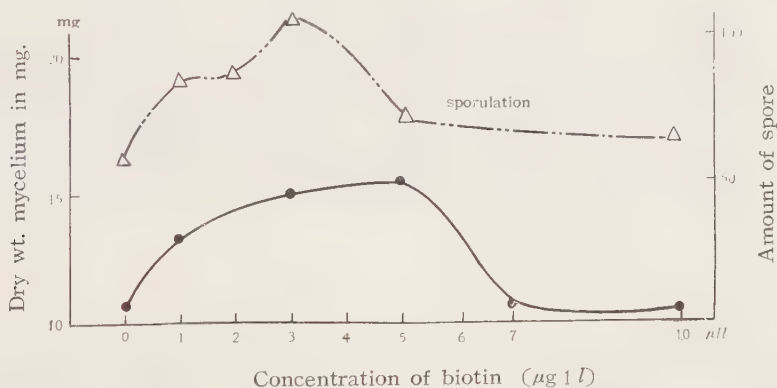
また一部の培養菌体について胞子形成，及び培養濾液 pH も測定した。表中の biotin 濃度は培養液 1 l 中の含量 μg である。

第1図 馬鈴薯疫病菌の生育に対するビオチン濃度の影響

Fig. 1 The effect of biotin concentrations on the growth of *P. infestans*.

これによると biotin 濃度 3～5 $\mu g/l$ 区で菌糸の生育は略最高に達するが，thiamine 区に比し菌体重量はその 1/2 にすぎない。しかも培養日数の経過に伴つて両区の菌体生育量の差は増大する傾向が認められた。また培養濾液の pH はやや増加し，胞子形成量は biotin 濃度 3 $\mu g/l$ で最も多量に認められた。

2. 各種 Vitamin 類を単獨及び thiamine と共に与えた時の菌糸の生育に對する影響

供試 vitamin 類を前述の濃度で単独あるいは thiamine と共に与えた培養液で20日間培養し，菌体重量を測定した結果は第3図の如くである。

これによると各種 vitamin を単独で加えた場合は thiamine が最も菌糸の生育を促進すること

第2図 馬鈴薯疫病菌菌糸の生育に対するビオチン濃度の影響

左より 対照区、10、20、30、50、70、100mγ. 及び thiamine (0.1 p.p.m.)

Fig. 2 Effect of concentration of biotin on the amount of growth of *P. infestans.* Amounts of biotin added per 10cc were : left to right. control, 10, 20, 30, 50, 70, 100 mγ. thiamine (0.1 p.p.m.)

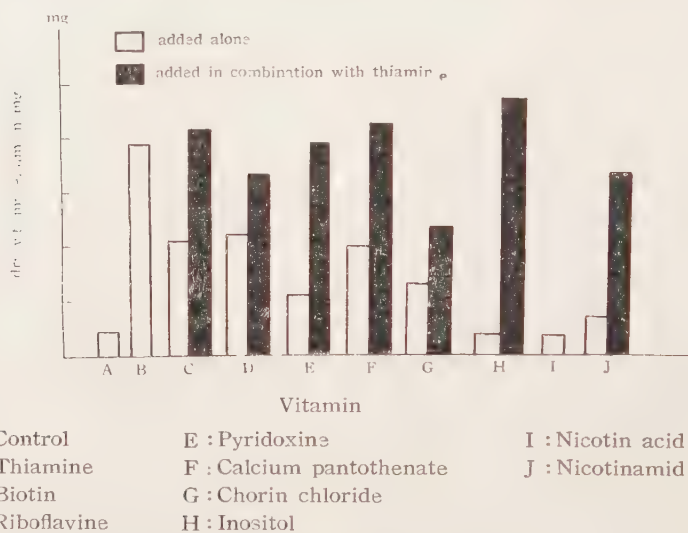
A : Control
B : Thiamine
C : Biotin
D : Riboflavine
E : Pyridoxine
F : Calcium pantothenate
G : Chorin chloride
H : Inositol
I : Nicotin acid
J : Nicotinamid

第3図 馬鈴薯疫病菌の生育に対する各種ヴイタミン類の影響

Fig. 3 Effect of various vitamins on growth of *P. infestans.*

が明らかに認められ，他の vitamin 類はこれに比し著しく生育が劣る。しかし riboflavine, biotin, calcium pantothenate 及び chorin chloride は比較的菌糸の生育を促進する傾向が認められた。これらの菌体生育速度は培養20日以後は減少し，thiamine 添加区との菌体生育量の差は増大する。また pyridoxine HCl, nicotinamid, nicotinic acid 及び inositol は僅少菌糸の生育を促進する場合が認められるがその影響は明らかでない。

次にこれらの vitamin 類を thiamine と共に与えた場合の菌糸の生育量を thiamine 区のそれと比較してみると inositol 混合区で比較的明らかな増加が認められる。また biotin, calcium pantothenate 各混合区で僅かに生育促進が認められるがその効果は少ないようにみえる。また riboflavin, nicotinamid 及び chorin chloride の各混合区では thiamine による菌糸の生育を阻害する傾向を示した。

3 各種 Vitamin 混合添加時における菌糸の生育に對する影響

前項の実験の結果より供試 vitamin より5種を選び次に示す各 vitamin 混合区を設け培養を行つた。同時に比較のためオートミール煎汁添加区を設けた。

A. Thiamine.
B. Thiamine, Biotin.
C. Thiamine, Biotin, Inositol.
E. Thiamine, Biotin, Inositol, Cholin chloride.
F. Thiamine, Biotin, Inositol, Cholin chloride, Calcium pantothenate.
G. オートミール煎汁添加.

以上の各区において培養20日後の菌体重量を示すと第4図の如くである（第5図参照）

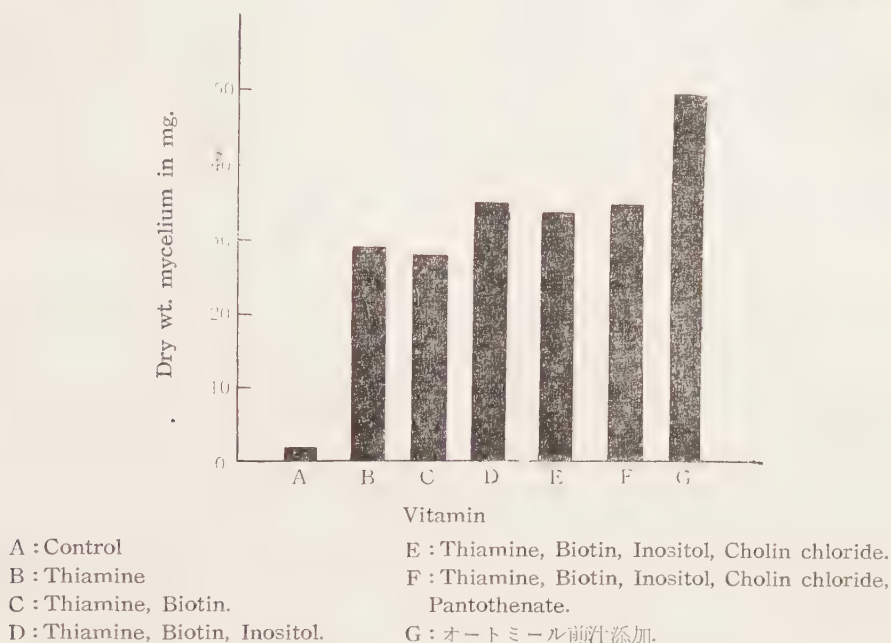
A : Control
B : Thiamine
C : Thiamine, Biotin.
D : Thiamine, Biotin, Inositol.
E : Thiamine, Biotin, Inositol, Cholin chloride.
F : Thiamine, Biotin, Inositol, Cholin chloride, Pantothenate.
G : オートミール煎汁添加.

第4図　馬鈴薯疫病菌菌糸の生育に対する各種ヴイタミン混合添加の影響

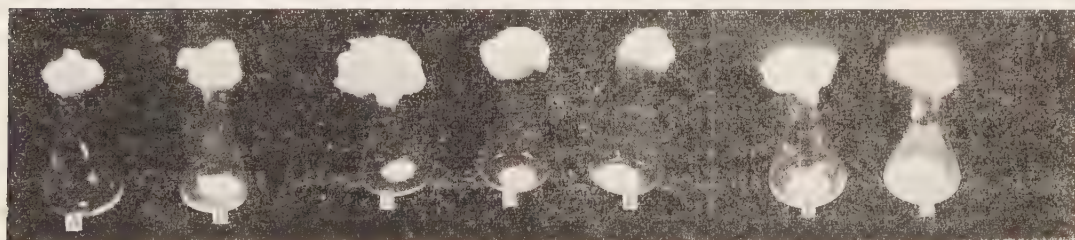
Fig. 4　Effect of added vitamins in combination with thiamine on the growth of *P. infestans.*

第5図　馬鈴薯疫病菌菌糸の生育に対する各種ヴイタミン混合添加の影響（A…Gは第4図参照）

Fig. 5　Effect of added vitamins in combination with thiamine on the growth of *P. infestans.* left to rigth. A→G

すなわち菌体重量はB, C区及びD, E, F区はそれぞれ略等しいが，やや後者の生育が優る。いまthiamine区を標準とすると，thiamine+biotin混合添加（C区）の影響はほとんど認められない。しかし更にこの2種のvitaminにinositolが添加（D区）されると菌糸の生育促進が明らかに認められた。またcholin chloride（E区），calcium pantothenate（F区）の添加の場合は略D区の生育量と略等しい。これらの結果はthiamine+biotin+inositol（D区）で本菌々糸の生育は最高を示した。なおオートミール煎汁添加区ではD区の1.5倍の菌体生育量を示した。

Ⅳ 考　察

以上の実験結果より考察すると，前報の如く[11] thiamineは本菌々糸の生育因子として不可欠であることが再び認められたが，更にこれ以外のある種のvitamin類を単独，あるいは混合して与えることによつて本菌々糸の生育をある程度促進することが認められた。すなわちriboflavine, calcium pantothenate, 及びcholin chloride等は供試濃度で若干菌糸の生育を促進する傾向が認められた。しかしこれらは何れも培養初期の生育を促進するが，後期の生育は極めて緩慢となり本

菌菌糸の生育因子としての効果は少ないようである。これに対し thiamine は培養初期の菌糸の生育は比較的緩慢であるが，培養日数の経過に伴い急速に生育は増大し培養20日以後は他の vitamin 区との生育の差は著しくなり，生育因子としての効果は最も著しい。また pyridoxine HCl, choline chlorid, inositol, nicotinic acid 及び nicotinamid は単独では本菌々糸の生育に対する効果はほとんど認められない。

これらの結果は本菌が生育因子としての各種 vitamin 類をある程度欠除することが予想されるが thiamine, riboflavine, biotin, calcium pantothenate 及び cholin chloride は本菌菌糸において partial deficiency を示すと見做される。しかしてその程度は各々異るが，thiamine は total deficiency に近く他の vitamin 類はこれに比しその程度が極めて小さいように思われる。

なお一般に糸状菌における biotin 欠乏は普通 thiamine の欠乏に伴うことが認められているが[2]，本菌ではbiotin の菌糸の生育に対する効果は少なく，かつ thiamine との併合添加で特に菌糸の生育促進がみられない。この事実は本菌におけるこれら vitamin の合成は biotin が多いことを示すように思われる。

また糸状菌における inositol の欠乏は thiamine, biotin の欠乏に伴うことが認められているが[2] 本菌々糸は thiamine, biotin の併合添加によつて生育が促進される。すなわち inositol は本菌菌糸では，partial deficiency を示すように考えられる。

また各種 vitamin 混合添加の結果は thiamine ＋biotin＋inositol 区で菌糸の生育量は最大を示すが，これは thiamine 及び inositol の存在に基づく結果と考えられる。

なお，PAYETT & PERRAULT は inositol を thiamine と共に与えるとき inositol の濃度によつては本菌菌糸の生育を阻害することを報告したが，[5] このような事実に関しては BARNETT & LILLY が *Sclerotinia camelliae* で認め，この種の阻害は inositol の過剰添加と培養温度の相関によつて起ることを認めている。[1] しかし本実験において thiamine との併合により菌糸の生育を促進した inositol 濃度は 4 mg/l であり，かつ培養温度は 19° C であつた。

以上の実験結果より本菌々糸の生育を良好ならしめる vitamin 類は thiamine 及び inositol の混合添加が有効であるように考えられる。

V 摘 要

1. 本報告は合成培地を使用して，馬鈴薯疫病菌々糸の生育に対する各種 vitamin 類の影響を検討したものである。

2. 供試 vitamin 中 thiamine が本菌菌糸の生育因子として最も重要であり，これを欠く場合は満足な菌糸の生育は望まれない。

3. riboflavine, biotin, calium pantothenate 及び cholin chloride もそれぞれ本菌々糸の生育を促進するがその影響は少ない。

4. thiamine (0.1mg/l) と inositol (4mg/l) の混合添加により，本菌菌糸の生育量は最も促進された。

5. 本菌菌糸の生育に対する biotin の最適濃度は略 3～5 $\mu g/l$ である。

VI 文 献

1) BARNETT, H. L. & LILLY, V.G.(1948): Amer Jour. Bot. 35: 297～302.
2) BARNETT, H. L. & LILLY, V.G. (1951): Physiology of the Fungi. 171～207.
3) FRENCH. A. M. (1953): Phytop. 43: 513～517.
4) LEWIS, R. W. (1952): Phytop. 42: 657～659.
5) MILLER, H. J. (1947): Phytop. 37: 15～16.
6) MILLER, H. J. (1949): Phytop. 39: 245～259.
7) 大谷吉雄 (1952): 日・植・病・報., 17: 9～15.
8) PAYETTE, A. & PARRAULT, C.(1944): Canad. J. Res. Sectc.: 22, 127～132
9) ROBBINS,W. J. (1939): Amer. Jour. Bot. 26: 772～778.
10) 酒井隆太郎 (1955): 北・農・試・彙報, 68: 61～65.
11) 酒井隆太郎 (1955): 日・植・病・報, 19: 141～145.
12) 酒井隆太郎 (1957): 北・農・試・彙報, 72: 1～7.

Résumé

The present experiments were carried out to ascertain the effects of various vitamins on growth of mycelium of *Phytophthora infestans*, using synthetic culture solutions

with mineral salts, asparagine and glucose. Nine vitamins were added separately and in combination with a basal medium.

The results may be summarized as follows:

1. It has again clearly been demonstrated that thiamine was the only vitamin that had a benefical effect.

2. There was a slight increase in the growth rate, when each riboflavin, calcium panthothenate, biotin and chorin chloride was separately supplied.

3. Inositol in combination with thiamine at concentration of 4 mg. per liter appeared to increase the effect of the thiamine to some extent.

4. Optimum concentration of biotin on the growth of mycelium was about 3～5 μg per liter.

馬鈴薯疫病抵抗性の細胞生理学的研究

VI 病原性を異にする疫病菌系統の侵入による寄主細胞の褐変に至る過程の時間の測定

高桑 亮* 富山宏平*

CELL-PHYSIOLOGICAL STUDIES ON RESISTANCE OF POTATO PLANTS TO *PHYTOPHTHORA INFESTANS*

VI. THE TIME REQUIRED FOR THE BROWNING PROCESS OF MIDRIB CELLS INDUCED BY THE INFECTION WITH TWO DIFFERENT PATHOGENIC STRAINS OF *PHYTOPHTHORA INFESTANS* IN POTATOES

By Makoto TAKAKUWA and Kohei TOMIYAMA

I 緒 言

馬鈴薯疫病菌の寄主体侵入経過についてはすでに報告されているが,[4)5)] 馬鈴薯疫病病原菌系統の発見[3)] にともなつて, 同一品種でも病原菌系統に対する反応を異にすることが明らかになつた。そのため, 今まで違つた品種で観察した現象を同一品種上で確かめうることとなつたのでこの場合の病原菌侵入経過について観察を行つた。ここにその結果を報告する。

II 實 験 法

すでに富山[4] によつて報告された方法を用いた。すなわち圃場栽培の馬鈴薯種間雑種「北海10号」の若葉を用い, その中肋表皮に疫病菌游走子濃厚液を接種した。接種源は「北海10号」(R_1) に親和性のある H_3 菌株 (race 1) (菌は病原性を示し, 寄主は罹病性となる) と, 親和性のない H_1 菌株(race 0) (菌は病原性を示さず, 寄主は抵抗性となる) を用い, 共に馬鈴薯塊茎に培養した菌の菌叢から胞子を洗い取り, 充分游走子を発芽せしめて用いた。接種後, 19~20°C に保ち, 所定時間後中肋表皮を剝ぎ取つて, 水でマウントして顕微鏡下で生体観察を行つた。

* 病理昆虫部病害第2研究室

III 結 果

富山[5)] は, 疫病菌の侵入に対する抵抗性品種の細胞の反応を5相に分けたが, 筆者らは, 菌の侵入状態と被侵入細胞の変化について分類した。すなわち, 菌の侵入状態については, 付着器形成期 (A), 侵入開始期 (D), 球状菌糸形成期 (S), 菌糸伸長期 (E), 隣接細胞侵入期 (N. C.) に分け, 被侵入細胞の変化については, 無変化 (N), ブラウン運動(B. M.), 細胞質変色期 (Br), 細胞膜変色期 (M. Br.), 隣接細胞膜変色期(N. M. Br.), 隣接細胞質変色期 (N. Br.) に類別した。同一時間における観察は2~5切片について行い, 観察した細胞数は69~200で概ね100以上とするようにした。各実験の結果をまとめると, 第1表, 第2表のようになる。

更に細胞の変化を中心に, 富山[5)] の方法によつてまとめると, 第1図, 第2図のようになる。ただこの観察は付着器形成以後の細胞について行つた点が富山[5)] とは異なる。

不親和性病原系統の場合 すなわち H_1 菌株接種区では, 寄主細胞に侵入した菌糸は, 3時間で半数が球状菌糸を形成し, すでに菌糸を伸し始めているものもある。しかし, 既に被侵入細胞の

第1表　馬鈴薯葉中肋表皮細胞変化の時間経過　I

「北海10号」に H_1 strain を接種した場合　(抵抗性)

Table 1　Time changes of reaction of midrib cells of young potato leaves infected by incompatible strain H_1 (race 0). (Variety : Hokkai No. 10 (R_1))

侵入菌の状態	[illegible] 接種後時間 (hrs.)	3	5	7	9
附着器形成 A	N.	13.1%	1.1%	0.6%	-%
	B.M.	[illegible]	11.1	3.9	-
	M.Br.	-	-	-	-
	Br.	1.6	-	-	-
	N.M.Br.	-	-	-	-
	N.Br.	-	-	0.6	-
	total	(21.3)	(12.2)	(5.2)	-
侵入中 P	N.	8.2	1.1	-	-
	B.M.	9.8	4.4	1.3	-
	M.Br.	-	1.1	3.2	1.1
	Br.	3.3	3.3	8.4	5.6
	N.M.Br.	-	-	-	-
	N.Br.	-	-	-	-
	total	(21.3)	(10.0)	(12.9)	(6.7)
球状菌糸形成 S	N.	13.8	-	-	-
	B.M.	25.4	23.3	12.3	6.7
	M.Br.	-	2.2	-	-
	Br.	4.1	-	24.0	21.3
	N.M.Br.	-	-	-	-
	N.Br.	-	-	4.5	1.1
	total	(48.4)	(25.6)	(40.9)	(29.6)
細胞内伸長 E	N.	4.1	3.3	-	-
	B.M.	4.1	47.8	14.9	6.7
	M.Br.	-	-	-	1.1
	Br.	0.9	-	14.9	31.5
	N.M.Br.	-	-	-	-
	N.Br.	-	1.1	11.7	18.0
	total	(9.0)	(52.2)	(41.6)	(57.3)
隣接細胞内へ侵入 N.C.	N.	-	-	-	-
	B.M.	-	-	-	1.1
	M.Br.	-	-	-	-
	Br.	-	-	-	5.6
	N.M.Br.	-	-	-	-
	N.Br.	-	-	-	-
	total	-	-	-	(6.7)
総観測細胞数		122	90	154	89

註)

A : Appresorium stage.　附着器形成期

P : Penetrating stage.　侵　入　中

S : Swollen hyphal stage after penetration.　球状菌糸形成期

E : Extending hyphal stage.　細胞内伸長

N.C. : Hyphae invading into neighbouring cell.　隣接細胞へ侵入

N. : No granules in Brownian motion and no discoloration.　変化なし

B.M. : Granules in Brownian motion appeared.　ブラウン運動顆粒

M.Br. : Browning of cell wall in invaded cell.　細胞膜変色

Br. : Browning of cytoplasm.　原形質変色

N.M.Br. : Browing of cell wall in neighbouring cell.　隣接細胞細胞膜変色

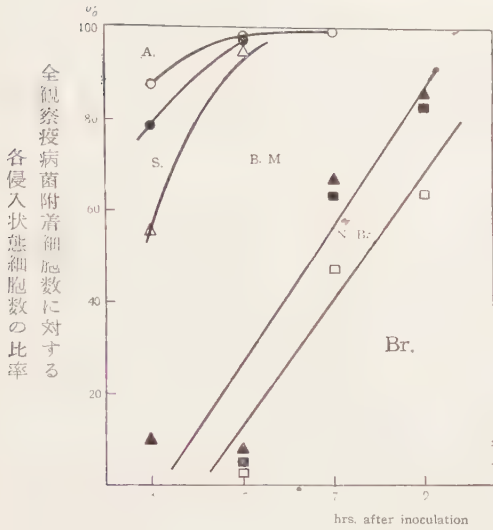
N.Br. : Browning of cytoplasm in neighbouring cell.　隣接細胞原形質変色

第2表 馬鈴薯葉中肋表皮細胞変化の時間経過 Ⅱ

「北海 10 号」に H_3 strain を接種した場合 (罹病性)

Table 2 Time changes of reaction of midrib cells of young potato leaves infected by compatible strain H_3 (race 1). (Variety : Hokkai No. 10 (R_1))

侵入菌の状態	寄主細胞の状態 ＼ 接種後時間 (hrs.)	3	5	7	9	12	15	20	25
		%	%	%	%	%	%	%	%
附着器形成 A	N.	8.4	1.9	2.2	1.7	–	–	–	–
	B.M.	2.8	0.5	0.4	–	–	–	–	–
	M.Br.	–	1.0	–	–	–	–	–	–
	Br.	0.6	–	–	–	–	–	–	–
	N.M.Br.	–	–	–	–	–	–	–	–
	N.Br.	–	–	–	–	–	–	–	–
	total	(11.7)	(3.3)	(2.6)	(1.7)	–	–	–	–
侵入中 P	N.	5.0	–	0.9	1.1	1.4	–	–	–
	B.M.	1.1	–	0.4	–	–	4.2	–	–
	M.Br.	–	–	2.6	1.1	2.9	–	4.3	–
	Br.	–	0.5	–	–	–	–	–	–
	N.M.Br.	–	–	–	–	–	–	–	–
	N.Br.	–	0.5	–	–	–	–	–	–
	total	(6.1)	(1.0)	(3.9)	(2.2)	(4.3)	(4.2)	(4.3)	–
球状菌糸形成 S	N.	40.8	14.4	5.2	1.1	1.4	–	–	–
	B.M.	2.8	2.9	3.5	10.1	2.9	2.8	15.9	1.0
	M.Br.	–	1.0	3.1	9.5	5.8	–	3.6	1.0
	Br.	–	–	–	0.6	5.8	–	–	–
	N.M.Br.	–	–	–	0.6	–	–	0.7	–
	N.Br.	–	–	–	–	–	–	–	–
	total	(43.6)	(18.2)	(11.8)	(21.8)	(15.9)	(2.8)	(20.2)	(1.9)
細胞内伸長 E	N.	37.4	63.6	21.8	25.1	1.4	5.6	–	1.0
	B.M.	1.1	9.6	29.3	17.9	10.1	–	1.4	2.9
	M.Br.	–	1.9	23.6	24.0	62.3	63.9	32.6	31.7
	Br.	–	–	–	1.7	–	8.3	29.7	45.2
	N.M.Br.	–	–	–	–	–	–	5.1	–
	N.Br.	–	1.0	–	0.6	–	–	0.7	7.7
	total	(38.5)	(75.1)	(74.7)	(69.8)	(73.9)	(77.8)	(69.5)	(87.5)
隣接細胞内へ侵入 N.C.	N.	–	1.0	1.3	–	–	2.8	2.2	–
	B.M.	–	–	2.6	2.2	–	–	–	1.0
	Br.	–	1.4	3.1	2.2	5.8	12.5	3.6	9.6
	total	–	(2.4)	(7.0)	(4.5)	(5.8)	(15.3)	(5.8)	(10.6)
総観察細胞数		179	209	229	179	69	72	138	104

註) 記号は第1表に準ずる。

Note
〜○……A : Appresorium stage.
○〜●……P : Penetrating stage.
●〜△……S : Swollen hyphal stage.
△〜▲……B.M. : Brownian motion in infected cell.
▲〜■…… M.B. : Browning of cell wall in infected cell.
■〜□……N.Br. : Browning of cytoplasma in neighbouring cell.
□〜 …… Br. : Browing of cytoplasma in infected cell.

第1図　H_1 strain 侵入による「北海10号」中肋表皮細胞変化の時間経過

Fig. 1　Time changes of reaction of midrib cells of young potato leaves infected by incompatible strain H_1. (race 0)(Variety : Hokkai No. 10 (R_1))

45%はブラウン運動を始め，細胞内容の着色しているものが10%近く認められ，侵入以前の付着器形成期に，細胞質の褐変するものもあつた。時間の進むにつれて更に球状菌系から菌糸を伸ばすものが増加して来るが，寄主細胞は7時間では，45%が細胞質の褐変を起こし，更に20%は隣接細胞が褐変を示していて細胞内容の無変化のものは認められなかつた。9時間では，65%が細胞質に変色を起こし，19%がブラウン運動を呈し，また19%が隣接細胞の変色を認めた。

この結果は，富山が"41089-8"（2因子抵抗性品種）について観察した結果[5]と大体において一致する。ただ本実験においては，3〜5時間では，ブラウン運動を続けている細胞の比率が多く，褐変を示すに至る時間が長くなつている。この差は，あるいは"41089-8"が2因子抵抗性であるため，抵抗性要因の累加によつて「北海10号」（1因子抵抗性品種）よりも反応が速かに起るためかも知れない。

親和性病原系統の場合　すなわち H_3 菌株接種区では，H_1 菌株の侵入によつて速かな細胞の反応を起こす「北海10号」が，非常に違つた反応を示すことが明らかとなつた。すなわち，前項におけると同様に侵入した菌糸は3時間後には球状菌糸を作り更に伸長を始めるに拘らず，細胞に変化の認められる細胞は，9%にすぎず，大多数は無変化である。このことは菌糸の侵入が遅れるから

第2図　H_3 strain の侵入による「北海10号」中肋表皮細胞変化の時間経過

Fig. 2　Time changes of reaction of micdrib cells of young potato leaves infected by compatible strain H_3 (race 1). (Variety : Hokkai No. 10 (R_1))

ではないかと考えられるが，侵入菌糸の状態から見ると H_3 菌株の方が侵入初期には早い位であることから見て，この反応の変化は，侵入速度には無関係であると考えられる。

時間の経過と共に細胞内容の変化が認められるものが多くなるが，7時間後でも 30%以上が変化を示さず，12時間にしてようやく 90%が，15時間で 95%が変化を起こすに至つた。しかし完全な褐変を示すものはこの時間でもそれぞれ 11%，20%にすぎなかつた。

この経過を「北海9号」の場合[5] と比較すると反応が少しく早くおこることを除いて一致した。すなわち，在来病原系統に対して抵抗性を示す品種でも，その品種に病原性を示す親和性病原系統に対しては，罹病性品種と同様な細胞の反応を示すことが明らかとなつた（罹病性の場合の経過時間の長短については，更に実験を進める必要がある）。

細胞の褐変について見ると，勿論前述のようにその速度は，抵抗性の場合は，罹病性の場合に比して非常に早いが，それと共に罹病性の場合に細胞膜が着色して，細胞質はブラウン運動を続けるものがある。このことは罹病性の品種でも見られた[4] が，本実験においても認められたことは興味深い事実である。この頻度は，7, 9, 12, 15, 20, 25時間でそれぞれ 29.3, 34.6, 71.0, 63.9, 49.5, 32.7%となり，意外にその数が多いことが判明した。このことを推察するに，罹病性の時の褐変は細胞膜から起こるとも考えられる。これに対し H_1 菌株接種による抵抗性の場合にはこの割合が少なく，数%にすぎないが，これは細胞質の褐変が急速に起こるため，細胞膜のみの褐変を認め難い故とも考えられるが，また罹病性の場合の褐変とは機作を異にしているとも想像することも出来る。

また，前報で被侵入細胞が変色を起こさない時に隣接細胞が褐変を示す場合のあることが報告されている[4] が，このことは本実験においても認められた。すなわち H_1 菌株接種によつて抵抗性を示す場合は 3〜5時間では認められないが，7時間では 16%，9時間では 19%に達した。また褐変を示した細胞中 19%，28.6%を占めることとなる。前報[4] の「ケネベツク」の結果(30.5%)よりは低いが，相当の頻度で隣接細胞の変化が当侵細胞より早く起つている場合があることが明らかである。このことは過敏感性の程度を異にする細胞が中肋表皮にモザイツク状に分布することを示唆するように思われる。これに類する現象は馬鈴薯塊茎の *Synchytrium endobioticum* に対する抵抗反応[1]，大麦の白渋病に対する反応[2] で認められており，このことから周囲細胞組織の褐変による栄養遮断によつて抵抗が起こることが推論されている。しかし筆者等の実験の場合には，その発現頻度は約 30%以下であつて，しかも抵抗性の程度とその発生率が比例しないから，そのような合目的々解釋を許さないように思える。

前報告[4,5]，本報告を通じて馬鈴薯の各品種（遺伝因子，r, R_1, R_1R_2 をもつもの[7]）が抵抗性を示す場合は常にその褐変過程は極めて良く類似し，また同一品種でも不親和性疫病菌系統に対しては同様な型の抵抗反応を示し，親和性系統に対しては罹病性を示すことが結論された。すなわちすべての馬鈴薯は疫病菌に対して抵抗することの出来る機能を持つが，親和性系統に対してはそれが発現されないと見るべきであろう。この見解は前報告[6] に述べたところと一致する。

Ⅳ　摘　　要

1. 種間雑種「北海10号」の若葉中肋表皮に，不親和性系統 H_1 菌株と，親和性系統 H_3 菌株を接種し，一定時間毎の被侵入寄主細胞の状態を顕微鏡生体観察し，統計的に寄主組織の変化を追求した。なお寄主は前者に対して抵抗性を示すが，後者に対して罹病性となる。

2. 不親和性系統 H_1 接種区では，他の抵抗性品種におけると同様に，菌の侵入に伴つて速やかに過敏感反応を起こし，褐変に至る。この速度は，“41089-8”と比較すると若干遅い。

3. 親和性系統 H_3 接種区では，菌糸が侵入し更に伸長しても，変化を起こさずに経過し徐々にブラウン運動をするものが出て来る。細胞質の褐変は9時間においてようやく認められるが，25時間後でも半数に過ぎない。この変化は，罹病性品種において観察された変化に類似している。

4. 罹病性を示す場合に，細胞膜の褐変が細胞の褐変に先立つて起る場合が相当数認められた。また抵抗性を示す場合に被侵入細胞の細胞質が褐変する以前に隣接細胞の褐変がおこる場合が約

30％以下の程度で認められた。

5．以上の様に同一植物でも病原性を異にする菌の侵入に対して異つた反応を示すことが確かめられた。この機作については今後の検討が続けられる。

引用文献

1）GÄUMANN, E.（1950）：Principles of plant infection. Hafner Publ. Co. New York.

2）平田幸治（1955）：麦の白渋病菌に対する抵抗性に関連して 農業技術，11（6），日・植・病・報.，21：23～29.

3）高桑 亮・高瀬 昇・冨山宏平（1955）：日本における馬鈴薯疫病菌新系統の発生について 日・植・病・報.，19：114～116.

4）冨山宏平（1954）：疫病菌侵入初期の馬鈴薯葉中肋表皮細胞の変化 北農試彙報，67：28～38.

5）冨山宏平（1956）：疫病菌の侵入を受けた細胞の褐変に到る過程の時間の測定 日・植・病・報.，20：165～169.

6）冨山宏平・高瀬昇・酒井隆太郎・高桑 亮（1955）：病原性の異なる疫病菌系統の侵入に対する馬鈴薯塊茎の生理学的反応 日・植・病・報.，20：59～64.

7）高瀬 昇（1956）：馬鈴薯の疫病抵抗性に関する遺伝育種学的研究—関与する遺伝子とそれらの表現する抵抗性の差違について（講演要旨） 育種学雑誌6（別冊）：12.

Résumé

The process of changes in the host cells invaded by *Phytophthora infestans* was previously discussed by TOMIYAMA[4,5]. The recent discovery of new strains of the fungus led the writers to examine the reaction of a certain hybrid potato variety to different strains of the fungus. In this paper is presented one of those observations.

1. The detached young leaves of the variety Hokkai No. 10 (R_1) were inoculated with two different strains ; incompatible strain H_1 (race 0) and compatible strain H_3 (race 1). After varying initial periods, the epidermal layer of the inoculated midrib was stripped with razor and the reaction of cells was observed without fixing them.

2. The cells invaded by the incompatible strain H_1 showed hypersensitive reactions ; the Brownian movement and browning of cytoplasma, as in the case of other resistant varieties.

3. The cells infected by the compatible strain H_3 however, have shown no such reactions at an early stage of penetration. Following the gradual appearance of particles in Brownian movement, some of the cells turned brown 9 hours after inoculation, and only 60 percent of the invaded cells became discolored after 25 hours. Such occurrence is similar to that which happens in susceptible varieties.

4. In the case of susceptible reaction, the discoloration seems to begin with the cell wall, followed by the browning of the cytoplasma, in the same way as in cultivated varieties (*S. tuberosum*) susceptible to any and every strain of the fungus. Moreover, in resistant reaction it happened a few times (below 30 per cent) that the browning of cells neighbouring the invaded cell took place prior to that of the invaded.

馬鈴薯Xウイルスの変異について

第1報　寄　主　の　反　応

大　　島　　信　　行*

STUDIES ON VARIATION OF POTATO VIRUS-X

I. REACTIONS OF VARIOUS KINDS OF PLANTS TO ITS STRAINS

By Nobuyuki OSHIMA

緒　　　　言

最近各地において馬鈴薯のいわゆる微斑モザイク病なる病害が発生して関係者の注意を惹いたが，この病害は大部分が馬鈴薯Xウイルスによることが明らかにされ，最近はXモザイク病と呼ばれるようになつた。[21] Xウイルスは多くの系統がありかつ変異を起しやすいウイルスであつて，これが究明はウイルス病防除の見地から重要なことと考えられる。この点に関するXウイルスの研究はすでに多数報告されている。[2,3,4,5,6,7,8,9,10,12,13,15,16,17,20,21,22]

本報告においては各種のXウイルスの系統をナス科植物に接種してその上に現われた病徴と系統との関係について，主として1954年に実験観察したところを報告する。なおこれはすでに講演によつて発表したものである。[18,19]

實験材料及び方法

ウイルス　1954年北海道中央馬鈴薯原々種農場において，個別検定時にXモザイク症状[21]を呈せる馬鈴薯莖葉の分譲を受け，これらを株別に乳鉢ですりつぶし，その搾汁をもつてセンニチソウに接種し，生じた局所病斑のうちよく個別に分離したものを選び剃刀にて切り抜き，スライド上でピンセットに挟んで水に浸したガーゼ小片をもつて磨砕し，それぞれシロバナヨウシュチョウセンアサガオ *Datura Stramonium* に接種して保存し接種源として使用した。ウイルスを分離した品種とその病徴は第1表のとおりである。またこの他

第1表　馬鈴薯Xウイルスを分離した馬鈴薯品種とその病徴

Table 1　Names and symptoms of potato varieties from which strains of potato virus-X were isolated.

系統番号	品種名	病徴
5	馬鈴薯農林1号	壊疽斑点，褪緑斑点，葉縁波状
9	〃	褪緑斑点
17	〃	褪緑斑点，壊疽斑点，葉縁少しく波状
30	ケネベック	上葉に斑紋，下葉に壊疽斑点，葉縁波状
46	〃	なし
61	男爵薯	明瞭な葉脈濃緑
68	大白	下葉に斑紋
77	北海2号	斑紋，下葉に壊疽斑点
78	北海4号	斑紋
80	北海5号	斑紋，下葉に壊疽斑点
85	紅丸	軽い斑紋
I_2, I_{10}, I_{12}, I_{17}, I_{43}	男爵薯	なし
B_2, B_{18}, B_{36}, B_{44}	紅丸	なし

に前記中央農場及び十勝馬鈴薯原々種農場において無病徴であつた「男爵薯」及び「紅丸」各1株の葉から同様の方法で分離したウイルスのうちシロバナヨウシュチョウセンアサガオ上で特徴ある病徴を示したものを選んで使用した(第2表参照)。

ウイルスは各異る品種からあるいは同一品種か

* 病理昆虫部病害第1研究室

第2表　無病徴「男爵薯」(I)及び「紅丸」(B)より分離した馬鈴薯Xウイルスの系統の *Datura stramonium* 上の病徴

Table 2　Symptoms of *Datura stramonium* produced by strains of potato virus-X which were isolated from symptomless Irish Cobbler and Benimaru potato plants.

(1954，Ⅵ-9接種，実験中の温度，* 23～24.5°C)

番号	病徴	番号	病徴
I_2	小壊疽斑点，軽い斑紋	B_2	軽い葉脈濃緑，褪緑斑点
I_{10}	淡い灰白色環紋，軽い斑紋	B_{18}	淡い灰白色環紋，灰白色斑点
I_{12}	斑紋，小壊疽斑点	B_{36}	病徴なし
I_{17}	淡い灰白色線状模様，斑紋	B_{44}	淡い灰白色斑点，軽い斑紋
I_{43}	極く軽い斑紋		

ら得たものは特徴あるものを選別して使用したが，各ウイルス間の正確な異同は知ることが出来なかつた。何故ならば同一病徴を示すウイルスでも，ある病徴以外の特定の性質においては全く異つたものであるかも知れないからである。しかしここでは分離したそれぞれのウイルスを系統と呼ぶことにする。

實験方法　接種源は前記シロバナヨウシユチヨウセンアサガオ葉をその生体重の5倍量の蒸溜水とともに磨砕しその搾汁を用いた。供試植物は鉢に播種したものを3～5寸鉢に移植し草丈5～10 cm 位のものにカーボランダム法により接種した。接種は初期にはガーゼ小片によつたが後には下面を磨つたガラスへらを使用した。実験の多くは各植物につき2～4回，1回に1～2本の植物に接種を行つた。実験はすべて2箇所のガラス室で行い実験中の平均温度は最低10.5°C，最高25.5°C，多くの試験は約15～25°Cで行つた。

實験結果

以上の方法で各種植物を接種し，それぞれの上に現われた病徴を記すると次のごとくである。なお，褪緑斑点とは接種葉やそれ以外の葉に生ずるほぼ円形または不整形の小さな褪緑部，褪緑斑とは個々に分離した同様の多少大きな褪緑部を意味し，斑紋とはこれが連絡して出来た病徴とする。壊疽斑点と壊疽斑についても同様である。

(1)　センニチソウ　*Gomphrena globosa*

何れの系統でも最初灰白色円形の壊疽斑点を示すが次第にその周囲が黄褐色から赤褐色に変化し，明らかな内部灰褐色の小環紋となる。No. 80では内部の灰褐色部が他より濃色であり B_{36} では病斑小形で外郭の環紋の色も淡色であつた。何れの系統も全身的には何らの病徴も示さない。局所病斑の発生には系統によつて遅速があり，例えばNo. 5は他に比して発生が速い(第3表参照)。系統番号は後述の結果から相似する群にまとめて配列した。

第3表　馬鈴薯Xウイルス系統のセンニチソウ上の病徴

Table 3　Reactions of *Gomphrena globosa* to strains of potato virus-X.

(1954，Ⅸ-10接種，実験中の温度；25.5～20.5°C)

系統番号	L	Sy	系統番号	L	Sy	系統番号	L	Sy
5	◑		68	◑		I_{17}	◑	
78	◑		77	◑		I_{43}	◑	
80	◑		85	◑		B_2	◑	
9	◑		46	◑		B_{18}	◑	
17	◑		I_2	◑		B_{36}	○	
30	◑		I_{10}	◑		B_{44}	◑	
61	◑		I_{12}	◑				

L：局部病斑　◗：中程度[illegible]　[illegible]：[illegible]
Sy：全身病徴　○：軽い病徴　以下これに準ずる。

(2)　トウガラシ　*Capsicum annuum* var. *acuminatum*

札幌大長ナンバン：No. 5，78，80及び I_{12} は接種して約4日後，接種葉に円形の灰色を帯びた壊疽斑点を生ずるがこれらは次第に褐色又は淡褐色の斑点に変化する。I_{12} は病斑軽微であつて時には褪緑斑点に壊疽を混じた病斑を生ずる。少し遅れて他の系統でも灰色の斑点又は褪緑斑を示し始める。その後何れの系統でも壊疽性の環紋や線状模様を示すようになるが，No. 5，78及び80では往々早期に接種葉が落葉してしまうので，かかる場合には全身病徴が現われず，ウイルスは植物体内に残存しないように思われる。接種葉には時に極めて鮮やかに系統の差異を現わす病斑を生ずるが一般には各系統それぞれの特徴は見分けにくい(第1図参照)。

全身病徴は全身の軽い褪緑，大小の褪緑斑，それらの連結によつて生ずる斑紋，壊疽斑，壊疽性環紋及び線状模様などである。これらの病徴で系

統間に顕着な差異は見られなかつたが，系統により若葉に壊疽斑点を多数生じ，頂端壊疽を起して頂部が枯死するものもあり，この病徴は系統間の本質的な差異を示すように思われた。ことに無病徴の「紅丸」から分離したウイルス群（B群）には同様の「男爵薯」から分離したウイルス群（I群）に比してこの傾向が少ないように思われた。またこの病徴は茎に沿うて壊疽を生ずる系統によく現われるようであつた。茎の壊疽は葉柄の附着部から下方に向つて条斑壊疽として発達する場合が多い。また B_{36} は明らかな局所病斑を示さず全身的にも極く微小な褪緑斑しか現わさず極めて弱い系統と思われた。

Anahium Chilli：No. 5，78及び80が早期に壊疽斑点を接種葉上に示し，時に I_{12} が少数の同様の病斑を生じた。No. 80は他の系統より濃い褐色の壊疽を現わし，I_{12} 以外の接種葉は早期に落葉した。少し遅れて他の系統でも壊疽性の斑点や環紋あるいは褪緑斑点を生じた。

全身病徴は一般に少数の壊疽と脈間部の褪緑によるモザイク斑紋と葉脈濃緑であるが，時には植物の接種時期や発育状態の関係で限られた系統にのみ壊疽を示し，他は全く斑紋のみを現わす場合もある。しかし No. 5，78及び80は常に壊疽を生じた。一般に生ずるモザイク斑紋はI群及びB群では多くがコントラストの少い褪緑斑と濃緑斑よりなり，微弱な病徴を示すものが多かつた。またこの品種で葉面は時に明らかに波状を呈した。また8月下旬に接種したものにおいて No.5，30，78，80 及び I_2 が若葉が萎縮して壊疽を生じ斑紋はほとんど見られず先端のすぐ下位にある葉の落葉が起つた（軽い頂端壊疽）。No.80は強い壊疽を生じたが，植物体内を拡がる範囲をひどく制限されて局在するようであつた。これらには茎の壊疽も多く生じた。

(3)　**シシトウガラシ**　*Capsicum annuum* var. *grossum*

Harris Early Giant：この品種でも No. 5，78及び80は早期に接種葉上に壊疽斑点を示し落葉も早い。その他の系統においても局所病斑として壊疽斑点，壊疽環紋及び褪緑斑点などが認められた。

全身的には褪緑，壊疽斑，壊疽性の線状模様と環紋及び褪緑斑を生じ，褪緑斑はつながつて脈間部が不規則に褪緑しモザイク斑紋をなす系統もあつた。また数系統に頂端壊疽が発生した（第2図参照）。

No. 5，78及び80は成葉上に小数の壊疽斑点を生ずるにすぎなかつたが若葉は生育悪く，壊疽を多く生じ No. 5及び78では枯死落葉した。一般に「札幌大長なんばん」に比較して褪緑斑を多く生ずる傾向が見られた（第4表参照）。

茎の壊疽や頂端壊疽はこの品種においても相関があるようで，茎の壊疽の多い系統では頂端壊疽が起つた。これには苗の状態や環境によつて影響を受けることもあるかも知れないがI群とB群を比較すると明らかに両病徴の間に相関が見られた。頂端壊疽を生ずる系統はこの位置の葉の生育を著しく阻害する。なお B_{36} はこの品種においても接種葉に時に小さい壊疽斑点や環紋を生じたが多くの場合明らかな病斑を生ぜずセンニチソウに逆接種すると明らかな病斑を生ぜず，この植物の上でも増殖能力の極めて弱いウイルスと思われた。

トウガラシに関する実験結果の1例を表示すると第4表のごとくである。以上の実験及び後述の結果から No. 5，78及び80は明らかに特殊な群を構成するようである。

(4)　**ケチヨウセンアサガオ**　*Datura Metel*

No. 5，78及び80の接種葉に明らかな円形の壊疽斑点を生じたが他のものには明らかな病斑が見られなかつた。局所病斑を生じた接種葉は早期に枯死し，褐色となつて茎に垂れ下がるか又は落葉した。また接種葉には褐色の不整形の汚斑を生じたが，これは病徴の弱い系統では小形であつてウイルスそのものの増殖によるのではなく，病徴の強さに応じて有毒な代謝産物を生じこれが接種された植物の葉を害するのではないかと思われた。

全身的には No. 5，78及び80では初期の少数の褪緑斑点と多くの褐色の壊疽斑を生じこれらは連結し，このために中間の葉は脱落して若葉と下葉を残し，若葉には壊疽斑を多く生じ，下葉には主脈の周縁に強い壊疽を樹枝状に生じた（第3図参照）。その他の系統では壊疽斑点は比較的少なく，褪緑した葉面に濃緑色の不整形斑や葉脈濃緑を生じた。I群とB群以外では壊疽斑点の多寡はあつたが斑紋は明らかなものが多く，ことに No. 68

第4表　Xウイルス系統に対するトウガラシの反応

Table 4 Reactions of pepper plants to strains of potato virus-X.

植物名	札幌大長ナンバン *Capsicum annuum* var. *acuminatum*					アナヒユム・チリー *C. annuum* var. *acuminatum*					ハリス・アーリー・ジャイアント *C. annuum* var. *grossum*				
接種年月日	1954,* IX・10					IX・10					IX・10				
実験中の温度°C	25.5～17					25.5～17					25.5～17				
系統番号 ＼ 調査項目	L	M	N	SN	TN	L	M	N	SN	TN	L	M	N	SN	TN
5	◐		○	●		◐		○	●		◐		◐	●	●
78	◐		◐	●		◐		◐	○		◐		◐	●	●
80	◐		◐	●	●	◐		◐	◐		◐		◐	●	
9	○	◐	◐	○		○	◐				○	◐	◐	◐	
17	○		○	●	○	○	◐				○	◐	◐	◐	
30	○		◐	◐		○	◐				○	◐	◐	◐	○
61	○	◐	◐	○			◐	○				◐	◐	○	
68	○		◐	●	●		◐	○			○	◐	◐	◐	○
77	○		◐	◐	○		◐				○	◐	◐	○	○
85	○		◐	◐		○	◐	○			○	◐	◐	○	
46	○		◐	●	●	○	◐				○			◐	●
I_2	○		◐	◐	○	●	○					○	◐	◐	●
I_{10}	○		◐	◐	○		○				○		◐	●	●
I_{12}	○	○	○	◐		○	◐	◐	◐		○		◐	●	●
I_{17}	○		◐	○	○		◐	○			○	◐	◐	◐	
I_{43}	○	○	○	●	○	○	○	○			○	◐	◐	●	
B_2	○	◐	◐	○		○	○	◐	○			○	◐		
B_{18}			◐	◐			○				○	○	◐	○	
B_{36}		○					(±)					(±)			
B_{44}	○	◐	◐	○			○				○	○	○	○	

M：斑紋，葉脈濃緑，褪緑斑，褪緑斑点等の全身病徴　●：強度の病徴
N：葉の壊疽　SN：茎の壊疽　TN：頂端壊疽　(＋)：保　毒
*　以下年号なきものは1954年接種　(±)：センニチソウに明らかな病斑を生せず

では濃緑斑紋と葉色のコントラストが強く明瞭な斑紋を現わし，No.77では脈間部の褪色が強いので明らかな葉脈濃緑を示し特徴があつた。これに反してNo.46及びI，B両群では壊疽斑点は極めて少ないものが多く斑紋もコントラストの少ない不明瞭なものであつた。ただI_{12}及びB_{44}が多少多くの壊疽斑点を生じた。B_{36}は極めて軽微な褪緑斑紋と極く少数の壊疽斑点を生じた。全般的に茎の壊疽は認められず，葉に相当烈しい壊疽が生ずる場合にもそうであつた。植物は葉の病徴の強さに応じて萎縮した。実験の1例を表示すると第5表のとおりである。

(5)　**シロバナヨウシュチヨウセンアサガオ**

Datura stramonium

この植物においてもNo.5，78及び80が約5日後に接種葉に褐色で円形の壊疽斑点を現わした

第5表　Xウイルス系統に対する茄科植物の反応

Table 5　Reactions of Solanaceous plants to strains of potato virus-X.

植物名	ケチヨウセンアサガオ *Datura Metel*			シロバナヨウシユチヨウセンアサガオ *D. Stramonium*			ヨウシユチヨウセンアサガオ *D. Tatula*			ヒヨス *Hyoscyamus niger*			トマト（品種：マーグローブ）*Lycopersicum esculentum* var. *Marglobe*		
接種年月日	Ⅸ・10			Ⅶ・13			Ⅷ・27			Ⅸ・10（No. 5, 78, 80 及び I_{12}）Ⅵ・10（No. 30, 61 及び 68）			Ⅸ・27		
実験中の温度°C	25.5～20.5			19.5～23.5			23.5～25			25.5～20.5（Ⅸ・10～）22.5～24.5（Ⅵ・10～）			20.5～16.5		
系統番号＼調査項目	L	M	N	L	M	N	L	M	N	L	M	N	L	M	N
5	◑		●	◑	●	●	◑	◑	○	◑	◑	●	●	◑	●
78	◑		●	◑	●	●	◑	◑	○	◑	◑	●	●		●
80	◑		●	◑	●	●	◑	◑	●	●		●	●		●
9		◑	◑		○			◑		|*	|	|		◑	◑
17		◑	◑		◑			◑		|	|	|		◑	○
30		◑	◑	○	◑	○		◑			◑			◑	○
61		◑	◑		◑			○			◑	○		◑	
68		◑	○		◑						◑	○		◑	○
77		◑	○		◑			○		|	|	|		◑	
85		◑	◑		◑			◑		|	|	|		◑	○
46		○	○		◑			○		|	|	|		○	○
I_2		○	○		○					|	|	|		○	
I_{10}		○	○		○					|	|	|		○	○
I_{12}			◑	◑							◑				
I_{17}		○	○		○					|	|	|		○	
I_{43}		○	○		○			○		|	|	|		○	○
B_2		○	○		○			○		|	|	|		(＋)	
B_{18}		○	○		○					|	|	|		○	
B_6		○	○		○					|	|	|		(＋)	
B_{44}			◑		○	○		○		|	|	|		○	○

* 棒線は実験せず。

がその後黄化して早期に落葉した。また I_{12} が時に円形の壊疽斑点を No. 30 が円形の褪緑斑点を現わした。またケチヨウセンアオガオに見られたような汚斑がこの場合にも見られⅠ及びB群では小さな汚斑が多かつた。

全身的には接種約1週間後一般に葉脈透化が現われるが，No. 5，78 及び 80 では葉脈の部分が網目状の灰白色や褐色の壊疽あるいは不整形の壊疽斑点となつた。その後これらの系統では脈間部に褪緑斑を生じ，こらは壊疽斑点を混じているがその後急激に壊疽がひどくなり，葉尖より枯死し始め遂に落葉して頂葉のみを残し，全体の萎縮も甚しくなる。No. 80 は特に壊疽が烈しい。かように強い壊疽を現わさないものでは少し褪色した葉面の脈間に不整形の濃緑斑を生じ次第に葉脈濃緑に変化して行く。しかし系統によつては明瞭な葉脈濃緑に変化するものとむしろ脈間のモザイク斑紋にとどまるものがあるようで，例えば No. 77 は前者で，No. 68 は後者であつて，No. 68 は 77 のような単純な葉脈濃緑を現わしにくい。Ⅰ及びB

群は何れも弱い病徴のものが多いが，I_{12} には時に壊疽斑点を生じ B_{44} は灰色の環紋を生じ，時にI_{10}, I_{17}, 及び B_{18} も灰色又は褐色の微弱壊疽斑点を生じた。しかしI及びB群の系統はセンニチソウから分離した直後には先に第2表に示したようなそれぞれ特徴ある病徴を現わしたが，このように明らかな特徴は必ずしも観察出来なかつた。そうして時に壊疽を現わす時の気温は最初の分離当時の温度に近かつたから微細な環境の変化が病徴を変えるのかも知れない。接種試験の1例を第5表に示した。

(6) **ヨウシユチヨウセンアサガオ** *Datura Tatura*

接種約3日後に No. 5, 78 及び 80 が壊疽斑点を生じ他のものでは明らかな局所病斑が認められなかつた。

No. 5, 78 及び 80 はその後褪緑斑紋と褐色壊疽性の線状模様や斑点を生じ，他の系統では脈間の濃緑や葉脈濃緑を示した。壊疽は No. 78, 5 及び 80 の順に強度を増加した。実験した範囲内では斑紋はこの植物で明らかでない場合が多くI及びB群ではことにそうであつた(第5表参照)。

(7) **ヒヨス** *Hyoscyamus niger*

No. 5, 30, 61, 68, 78, 80 及び I_{12} のみについて試験した。接種約4日後，接種葉に No.5 及び 78 が灰褐色の円形斑点，No. 80 が褐色の斑点を生じ他の系統では病斑を生じなかつた。ただ No. 61 の黄化葉に緑色環紋が見られた。低温時には I_{12} も局所病斑を生じた。

全身病徴としては No.5 及び 78 が上葉に葉脈濃緑と脈間の灰色または褐色の壊疽を生じ，No. 80 は上葉に小壊疽斑点，下葉は褐色壊疽斑を生じ枯死した。その他の系統では葉脈濃緑や斑紋を生じ，No. 61, 68 及び I_{12} に僅かの小壊疽斑点が認められた(第5表参照)。

(8) **トマト** *Lycopersicum esculentum*

マーグローブ：接種約1週間後 No. 5, 78 及び 80 が接種葉に暗褐色の円形壊疽斑点を生じその他の系統は明らかな病斑を作らなかつた。

前記3者はその後接種葉が早期に枯死して全身的にも下葉の脈間部に同色の壊疽を生じ上葉には僅かの褪緑斑が見られたがこれも次第に壊疽に変化し小葉の尖端から枯死した。その他の系統では葉脈濃緑が主な病徴で多くがこれに少しく壊疽斑点を混じた。I群では多くが葉色とのコントラストが少ない褪緑斑を生じこれが少しく壊疽斑点を混ずるものが多くB群では保毒か極めて弱い病徴を現わした(第5表参照)。

(8) **シユクコンタバコ** *Nicotiana alata*

接種約1週間後 No. 5, 78 及び 80 が内部黄緑色円形の暗褐色壊疽環紋または半環紋の局所病斑を生じ，I_{12} は同様の淡褐色の環紋を生じた。その後 No. 5, 78 及び 80 の接種葉は早期に枯死した。これ以外の系統では明らかな局所病斑が見られなかつた。

全身病徴としては No. 5, 78 及び 80 は若葉に葉脈濃緑や褪緑斑紋を生じたが下葉には褐色の壊疽斑点や線状模様を生じ，特に 80 では濃褐色の壊疽が見られた。I_{12}では褐色壊疽を混じた褪緑斑点や極く軽い斑紋を生じた。この他の系統では斑紋や葉脈濃緑が見られ，この内 No. 68, 85 及び 46 には壊疽斑や線状模様が生じ，I_{12} 以外のI及びB群は明らかな病徴を示さなかつた(第6表参照)。

(9) *Nicotiana glauca*

No. 5, 68, 77, B_{36} 及び I_{43} を2株宛接種したが5のみが葉脈を取りかこんで褪緑線状模様を生じたが他のものでは明らかな病徴が見られず，B_{36} 以外はすべて保毒であつた(局所病斑は観察せず)(第6表参照)。

(10) *Nicotiana glutinosa*

No. 5 及び 78 が接種約4日後に接種葉に灰色の円形壊疽環紋または斑点，80 が褐色の同様病斑を生じ，これらは次第に拡大するとともに接種葉は次第に枯死した。また I_{12} で淡い壊疽環紋や No.68 で褪緑斑点を生じた。

全身的にも接種葉に壊疽環紋を生じた系統は皆同様の壊疽性の環紋や線状模様を生じ，その内部が褪緑した。No. 80 は病斑がことに暗褐色である点で特徴があつた(第4図参照)。他の系統では病徴軽きものでは軽微な褪緑斑，褪緑斑紋あるいは葉脈濃緑などを示し，病徴強きものは主として葉脈濃緑を示した。I及びB群では I_{12} 以外はすべて軽い病徴を生じた(第6表参照)。

(10) **ナガバナタバコ** *Nicotiana longiflora*

No. 5 及び 78 は接種葉上に灰色円形の壊疽斑点を生ずるが No. 80 では褐色の同様斑点を生じ，これらは次第に同心円を描いて拡大する。他は何れも局所病斑を生じなかつた。

全身的には No. 5 と 78 が若葉に濃緑斑や葉脈

第6表　Xウイルス系統に対する茄科植物の反応

Table 6　Reactions of Solanaceous plants to strains of potato virus-X.

植物名	シュクコンタバコ *Nicotiana alata*			*N. glauca*			*N. glutinosa*			ナガバナタバコ *N. longiflora*			*N. paniculata*		
接種年月日	Ⅸ・27			Ⅹ・14			Ⅷ・2			Ⅸ・10			Ⅷ・27		
実験中の温度°C	20.5～15.5			16.5～13			23.5～24.5			25.5～20.5			23.5～25.5		
系統番号 ＼ 調査項目	L	M	N	L	M	N	L	M	N	L	M	N	L	M	N
5	◑	◑	◑	｜	○		◑	◑	◑	◑	◑	◑	◑	◑	◑
78	◑	●	●	｜	｜	｜	◑	○	◑	◑	●	◑	◑	◑	
80	◑	◑	●	｜	｜	｜	◑	○	●	◑	◑	◑	◑	○	
9		◑		｜	｜	｜		○			◑			○	
17		◑		｜	｜	｜		◑			◑			○	
30		◑		｜	｜	｜		○			◑			○	
61		◑		｜	｜	｜		◑			◑				
68		○	◑	｜	(+)		○	◑			●			◑	
77		○		｜	(+)			○			◑				
85		◑	○	｜	｜	｜		◑			◑				
46		○	○	｜	｜	｜		○			○			○	
I_2				｜	｜	｜		○			○				
I_{10}				｜	｜	｜		○			(+)				
I_{12}	○	○	○	｜	｜	｜	○	○	○		○				
I_{17}				｜	｜	｜		○			○				
I_{43}				｜	(+)			○			(+)				
B_2				｜	｜	｜		○			○				
B_{18}				｜	｜	｜					○				
B_{36}				｜	(−)*						(+)				
B_{44}				｜	｜	｜		○			○				

* (−) 無保毒。

濃緑を生じ下葉には壊疽性の線状模様や斑点を現わした。No.80では若葉でも少しく壊疽斑点を生じた。他の No.46, I及びB群以外の系統では不整形の濃緑斑や葉脈濃緑を現わした。No.46, I, B群では微弱褪緑斑を生ずるか病徴不明のものが多かつたが，このうち I_{12} や B_2 がやや強い病徴を示した（第6表参照）。

(11)　*Nicotiana paniculata*

No.5, 78 及び 80 が接種葉に褐色の円形壊疽斑点を生じ，時に I_{12} が少数ながら同様の病徴を生じた。他の系統は局所病斑を生じなかつた。

8月下旬接種を行つたものでは全身病徴として No.5 が褪緑部を内包する壊疽線状模様や壊疽斑点を生じたが，No.78 や 80 はそれぞれ褪緑斑紋や褪緑斑点を生じ，他の系統は一部が主に弱い斑紋を示し，他は明瞭な病徴を現わさなかつた。しかるに9月下旬に接種したものでは全身病徴が明らかとなり，No.5, 78 及び 80 は何れも壊疽斑点

や褪緑斑を現わし，No. 80では暗褐色の斑点を褪緑斑の周囲に生じた。他のものも葉脈濃緑や褪緑斑を生じ，I及びB群では軽微な褪緑斑紋や褪緑斑点を現わした。気温が低下するにつれてI及びB群以外のほとんどすべての系統が下葉の褪緑部に灰色の壊疽斑点を生じた（第6表参照）。

(12)　**マルバタバコ**　*Nicotiana rustica*

9月27日接種を行つたが発病時の10月上～下旬には気温は相当低下している（第7表参照）。No. 5, 78及び80は約1週間で外側が褐色で内側が灰色の壊疽環紋または斑点を現わした。この外No. 17, 46, 85, I_{10}, I_{12} 及び B_{36} が灰色の環紋を現わし，このうちNo. 80が最も濃褐色の病斑を生じた。

全身的にはNo. 80は病徴を生ぜずその他の系統では多くが脈間に褪緑斑や褪緑斑紋を生じ，これ等は多くが灰色の斑点，環紋あるいは線状模様を生じ，No. 5や78で褐色の壊疽を混じI及びB群では I_{12} 及び B_2 以外は極めて軽微な病徴であつた（第7表参照）。

第7表　Xウイルス系統に対する茄科植物の反応

Table 7　Reactions of Solanaceous plants to strains of potato virus-X.

植物名	マルバタバコ *Nicotiana rustica*			ハナタバコ *N. sanderae*			*N. sylvestris*			タバコ（品種：キサンチ）*N. tabacum* var. *xanthia*			*Petunia hybrida*		
接種年月日	Ⅸ・27			Ⅸ・10			Ⅷ・27			Ⅸ・10			Ⅷ・27		
実験中の温度°C	18.5～15			25.5～17			23.5～22.5			25.5～17			23.5～22.5		
系統番号 ＼ 調査項目	L	M	N	L	M	N	L	M	N	L	M	N	L	M	N
5	◐	◐	●	◐	◐	●	◐	◐	◐	◐	○	●	○	●	◐
78	◐	○	●	◐	◐	●	◐		◐	◐	○	●	○	●	◐
80	●			◐	◐	●	◐		◐	◐	◐	●	○	●	◐
9		◐	◐					○			◐			●	
17	◐	◐	◐					○			◐	◐		●	
30		◐			◐			(+)			◐			●	
61		◐			◐			○	○		◐	○		●	
68		◐	◐		●			◐	○		◐	○		●	
77		◐	◐		◐				○		◐	○		(±)	
85	○	◐	◐		◐			○	○		○	◐		(+)	
46	○		○					(+)			○	○	|	|	|
I_2								○			○			●	
I_{10}	○		○					(+)	○			○		(+)	
I_{12}	◐	○	○	○				○		○	○	○		(+)	
I_{17}					○			○	○		○	○		(+)	
I_{43}		○	○					(+)			○			(+)	
B_2								(+)						(+)	
B_{16}		○	○					○			○	○		○	
B_{36}	( )							(−)						(−)	
B_{44}								(+)			( )			(−)	

(13) **ハナタバコ** *Nicotiana Sanderae*

接種葉には No. 5, 78 及び 80, 時に I_{12} が壊疽斑点や環紋を現わした。No. 80は特に濃褐色の斑点を生じた。

全身的には9月10日接種の植物では No. 5, 78 及び80が葉脈濃緑を現わし, 脈間部に灰色または褐色の壊疽性の斑点, 同心円及び線状模様などを示した。その他I及びB群以外のものは葉脈濃緑や濃緑斑を現わし, あるものは明らかな病徴を現わさなかつた。この時期にI及びB群では葉脈濃緑とならず褪緑斑を生ずるものや病徴不明なものが多かつた(第7表参照)。また同月27日に接種したものではI及びB群以外では多くのものが灰色や褐色の壊疽性斑点, 環紋あるいは線状模様のみを生じた。I及びB群では I_2 及び I_{12} が軽度の褪緑斑や灰色の壊疽斑点や線状模様を示し他の系統では明らかな病徴が見られなかつた。

(14) *Nicotiana sylvestris*

No. 5 及び 78 が接種約3日後, 灰色の円形斑点を示すが No. 80は最初から褐色がかつた斑点を生じた。何れの病斑も次第に色が濃くなるとともに周囲に同心円を描きながら拡大する。これと同じ時期にもつと成育の進んだ苗に接種したところ上述の系統より2～3日遅れて No. 68 と 85 が円形の褪緑斑点を現わし, さらに数日遅れて No. 9, 17, 30, 61 及び 77 などに多くの褪緑斑点を生じた。

全身的には No. 5, 78 及び 80 が灰色または褐色の壊疽性環紋または線状模様を示し, 他のものでは多くが極少数の褪緑斑やそれを縁取つてあるいは独立に微小な褐色斑点を生じた。また時に No. 68 と 85 が褪緑斑を多数生じて一種の斑紋をなした。I及びB群では I_2, I_{12}, I_{17} 及び B_{18} 以外では明らかな病徴が見られなかつた。しかし B_{36} 以外は逆接種によつて保毒であることが分つた(第7表参照)。

(15) **タバコ** *Nicotiana tabacum*

White Burley : 7月13日接種(ガラス室温度19.5～21.5°C)したものにつき病徴を述べると次のごとくである。接種5日後 No. 5, 78 及び80の接種葉に円形の壊疽斑点を生ずる。これらは次第に同心円を描いて拡るが, この同心円は No. 78 が一番粗で色も淡い褐色である。次いで No. 5が少しく密な同心円を描くが No. 80は中心点の周囲に淡い褐色の無数の円または半円を密接して描き個々の円は見分けにくいが最外側の円は暗褐色で特徴ある病徴を作る。これと同様の系統の特徴は他の植物上でも見られたが煙草ではことに明らかに見られた。これらの環紋の内部は黄緑色に褪緑する。I_{12} もまばらな淡褐色の壊疽斑点が接種葉上に生じ, 灰色同心円を描いて拡大した。これら以外の系統では局所病斑が見られなかつた。またこのような局所病斑を生じた葉は早期に黄化枯死した。

全身病徴は No. 5, 78 及び 80 では最初局所病斑と同様の壊疽性の環紋を生じ, 次第に同心円を描いて拡大し互に連絡し脈を取りかこんで葉面全体に拡る(第5図参照)。この線にかこまれた部分は少しく褪緑する。これらの全身病徴として生ずる環紋も局所病斑と同様に各系統それぞれの特徴を現わす。I_{12} も接種葉と同様の灰色の極めて微弱な壊疽環紋をまばらに生じた(第6図参照)。No. 46, I及びB群以外の系統では最初葉面に不整形の褪緑斑や褪緑環紋が現われた。この環紋は次第に脈を取りかこみながら褪緑した線として拡り次第に脈間部の褪緑が多くなつて葉脈濃緑に変化するようである。この脈間部の褪緑は早期に葉脈濃緑に変化するものと不整形の濃緑斑が脈の上や脈間部に長く残存していわゆる斑紋をなし, 極く老葉にのみ明らかな葉脈濃緑を示すものがあつた。No. 17 では時にこの周囲に細い壊疽線が現われた。No. 46, I及びB群では褪緑斑や褪緑環紋あるいは壊疽性の同様病斑が現われても微弱なものが多く, まばらに葉面に散在した。

以上述べた病徴は接種時期によつて相当に変化する。No. 5, 78 及び 80 は時に褪緑斑が若葉に現われ, その周囲が壊疽環紋に変化したりあるいは No. 80では時に局所病斑のみで全身病徴を示さなかつた。また気温が低下すると多くの系統で褪緑部はその周囲に壊疽斑点や線が現われるようである。時期別の接種試験結果を表示すると第8表のとおりである。No. 5, 78 及び 80 に斑紋の記号“M”を付したのは環紋の内部や外部が褪緑したり灰白色壊疽ある太い褪緑線を現わしたり(No. 80)また若葉に褪緑斑を生じたりして一種の斑紋をなすためである。

第8表　Xウイルス系統の時期別接種に対する，タバコの反応

Table 8 Reactions of tobacco plants to inoculation in different times of strains of potato virus-X.

植物名 / 接種年月日 / 実験中の温度°C / 系統番号 調査項目	タバコ（ホワイト・バーレー） *Nicotiana tabacum* var. *White Burley*								
接種年月日	Ⅶ・13			Ⅷ・27			Ⅸ・10		
実験中の温度°C	19.5～21.5			23.5～22.5			22.5～14.5		
系統番号 ＼ 調査項目	L	M	N	L	M	N	L	M	N
5	◑		●	◑		●	◑	◑	●
78	◑		●	◑	◑	●	◑	◑	●
80	◑		●	◑	◑	●	◑	◑	●
9		○			◑			◑	
17		○	○		◑			◑	○
30		◑			◑			◑	○
61		◑			◑			◑	
68		◑			◑			●	
77		◑			◑			◑	
85		◑			◑			◑	◑
46		○	○	|	|	|		○	○
I_2		○			○			○	○
I_{10}		○			○	○*		○	○*
I_{12}	○		○	○	○	○*	○	○	○*
I_{17}		○	○		○	○*		○	○
I_{43}		—			(＋)			—	
B_2		○			○			○	○
B_{18}					—				—
B_{36}			—		(＋)				
B_{44}		○			○			○	○

* 極く軽微な壊疽斑又は線。

Xanthia：接種4～5日後その葉面に No.5, 78, 80及び I_{12} が灰色の同心環紋を示したが他の系統は局所病斑を示さなかつた。これらは次第に拡大し，連絡して葉面に拡り内部黄化して早期に枯死した。

全身病徴としては No.5及び78が灰色の同心環紋または線状模様を生じた。I_{12} も小数の同様病斑を示した。No.80は輪廓が不明瞭な多数の灰色の環紋が重なり生じたような病斑を生じこれに褐色の壊疽を混じた。このような植物では若葉には褪緑斑点を生じ，その周囲が壊疽に変化した。病徴は No.78及び No.5の順に強くなり，上葉から下葉に行くにしたがい環紋の線が太くなつた。No.80ではドーナツ形の淡い灰色環紋が生じて先述のごとく個々の円は明確に分離せず，No.5や78のようにあまり拡大しないが下葉では脈間に褐色の大小の壊疽斑が現われ，さらに下葉では太い葉脈に沿うて稲光状で暗褐色壊疽性の線が現われた。その他の系統では褪緑斑，褪緑斑紋及び葉脈濃緑などを示し，多くのものが灰色の壊疽斑点や線を混じた。これらはことに下葉に多く現われた(第7表参照)。

White Burley と Xanthia を比較すると後者の方が各系統に対して不明瞭な病徴しか現わさず抵抗性が大きいように思われた。

(16)　*Petunia hybrida*

この植物は早期にはあまり明らかな局所病斑を生じないが，接種約1週間後に No.5, 78及び80が円形の壊疽斑点や環紋あるいは褪色した円形の斑点を生じた。

全身病徴は脈間における淡黄色の斑点や輪廓不明瞭な葉脈透化であるがこれらは次第に脈間部に不整形の黄色や濃緑色のまだらを生じながら葉脈濃緑の病徴に変る。No.5, 78及び80では脈間部に灰色または褐色の壊疽斑点や線状模様を生ずる。B_{18} で現われた病徴は他と比較して軽微であつた。I及びB群中の I_2 及び B_{18} 以外のすべての系統は病徴を現わさなかつた。しかし病徴を生じなかつた No.77, B_{36} 及び B_{44} 以外は保毒であつた（第7表参照)。

(17)　*Petunia nyctaginiflora*

9月27日，やや成育の進んだ苗に接種を行つたところ，多くの系統で病斑数は少ないが局所病斑を生じた。すなわち接種5日後に No.5及び78，少し遅れてその他の系統にも発生した。No.5, 46, 78, 80及び I_{10} が内部褪緑せる円形褐色の壊疽環紋，No.9, 17, 30, 61, I_{12} 及び I_{17} では黄色の褪緑斑点，I_{12} では壊疽が混つた褪緑斑点を生じた。しかしこの場合には全身病徴の発生は遅延した。8月27日幼苗に接種したがこの場合には明らか

な局所病斑は見られなかつたが約20日後に多くの植物に全身病徴が発生した。局所病斑の発生は苗の接種時期やその状態で異るようである。

全身病徴は略々前種と同様であつて一般に最初脈間部に淡黄色の病斑または脈に沿う同色の黄化が現われるが，これが次第に斑紋や葉脈壊疽に変化する。No.5と78はこれに加えて灰色または褐色の線状模様を生じ，No.80は灰色の同心円の病斑を生じ下葉ではこれが褐色の線で囲まれているのが観察された。I及びB群ではI_2, I_{10}, I_{12}, I_{17}, B_2及びB_{18}で葉に褐斑や灰色や褐色の線状模様や壊疽斑(I_{12})を生じた。その他では明らかな病徴を認めなかつたがI_{43}及びB_{36}は保毒であることが証明された(第9表参照)。

第9表　Xウイルス系統に対する茄子科植物の反応

Table 9　Reactions of Solanaceous plants to strains of potato virus-X.

植物名	*Petunia nyctaginiflora*			*P. violacea*			*Physalis floridana*			ホオズキ *P. Francketi* var. *Bunyardii*			サルメンバナ *Salpiglossis sinuata*		
接種年月日	Ⅷ・27			Ⅸ・27			Ⅷ・27			Ⅸ・27			Ⅸ・27		
実験中の温度°C	23.5～22.5			20.5～16.5			23.5～22.5			20.5～16.5			18.5～20		
系統番号 ＼ 調査項目	L	M	N	L	M	N	L	M	N	L	M	N	L	M	N
5		●	◑		●	○	◑	●	●	●	***		◑		●
78		●	◑		○	◑	◑	●	●	●	(−)		◑		●
80		●	◑		◑	●	◑	●	●	●	(−)		◑		●
9		●			○			○			(−)			◑	
17		●			◑			◑			(−)			◑	◑
30		●			○	○		●			(−)		○	◑	○
61		●			○			◑			(+)			◑	
68		●			◑			◑		●	(−)			◑	
77		●						○		●	(+)			○	
85		●	○		◑	○		●	◑	●	(−)			◑	
46	○*	○*			○		|	|	|	◑**	(+)			◑	○
I_2		○	○		○			○			(+)			○	
I_{10}		○			◑						(+)			○	
I_{12}			○		○		○				(+)			◑	◑
I_{17}		○			|	|		○		◑**	(+)			○	○
I_{43}		(+)			◑	○				◑**	(+)			○	
B_2		○*	○*		○					◑	(+)			◑	
B_{18}		○			◑						(+)			◑	
B_{36}		(+)									***				
B_{44}		(−)			○			○		◑**	(+)			○	

* 1954Ⅸ・27接種, ** ウイルスの増殖による壊疽斑かどうか不明, *** 枯死して保毒検定せず。

(18)　*Petunia viclacea*

9月27日接種したが局所病斑は接種葉が早期に枯死したので観察出来なかつた。全身病徴も発病時の気温低下のため充分観察を続けることは出

来なかつたが，前2種と略々同様に最初脈間に褪緑斑点や葉脈に沿う黄化，続いて斑紋や葉脈濃緑を生じた。No. 5, 78 及び 80 では褪緑部を縁取つて褐色壊疽を生じ，No. 30, 85 及び I_{43} の褪緑部に少しく灰色の壊疽を生じた。No. 46, 61, I_2, I_{12} 及び B_{44} は極く微弱病徴で No. 77 と B_{36} は病徴を生じなかつた（第9表参照）。これより先，9月10日 No. 5, 78, 80 及び I_{12} を接種したが，I_{12} 以外には明らかな斑紋や灰色または褐色の壊疽斑点や環紋，I_{12} には軽微な同様病徴を生じた。

(19)　*Physalis floridana*

No. 5, 78 及び 80 では接種後3日で灰色円形の局所病斑を生ずるが早期に落葉する。I_{12} でも時に淡色の同様病斑を生じた。他の系統では明らかな局所病斑は見られなかつた。

全身病徴は No. 5, 78 及び 80 では灰色や褐色の壊疽斑点や線を不整形の褪緑斑を縁どつて生ずるがこの壊疽は次第にひどくなり下葉から次第に落葉し，茎に壊疽は見られなかつたが，No. 78, 5 及び 80 の順に萎縮や壊疽がひどくなる（第7図参照）。他の系統においては主に葉脈沿いに不整形の濃緑斑を，脈間に褪緑斑を生じた。8月27日接種（実験中の温度，23.5（8月下旬）～22.5（9月上，中旬））の植物では I 及び B 群では I_2, I_{17} 及び B_{44} で微弱な不整形褪緑斑を生じ他のものには明瞭な病徴が見られなかつた（第9表参照）。これに反し9月10日（実験中の温度，25.5（9月中旬）～20.5（9月下旬）～17 °C（10月上旬））に接種したものではすべての系統で濃緑斑や褪緑斑を生じ，多くのものに脈間の褪緑部に褐色の壊疽が認められた。I 及び B 群でも I_2 及び B_{44} 以外の系統で極く僅かながら褐色の壊疽を生じた。このうちでも I_{12} はやや強い壊疽を示し，B_{36} は若葉に極く小さな褪緑斑点をまばらに生じ，この周囲が淡い褐色を呈するに過ぎなかつた。

(20)　**ホオズキ**　*Physalis Francheti* var. *Bunyardii*

本植物では接種葉に No. 5, 46, 68, 77, 78, 80, 85, I_{17}, I_{43}, B_2 及び B_{44} に暗褐色の極く少数の壊疽性の斑点や線を生じた。この病斑は，I 及び B 群のものはあまり変化を示さなかつたが他の系統の病斑は壊疽性の不整形の線や環紋に変化した。また，No. 46, I_{17}, I_{43} 及び B_{44} のものはその形状などから果してウィルスの増殖によつて出来たものかどうか不明であつた。

全身的には接種した年も次年度にも明らかな病徴を示さなかつた。しかし次年度，センニチソウに逆接種した結果，No. 46, 61, 77, I 及び B 群のすべてが保毒であつた。但し No. 5 及び B_{36} は枯死したので調査しなかつた。この実験で一般に弱い病徴を示す系統が多く保毒されていたことは興味あることであるが一度しか実験出来なかつたのでこの点はさらに究明する必要があろう（第9表参照）。

(21)　**サルメンバナ**　*Salpiglossis sinuata*

No. 5, 78 及び 80 が円形の褐色または淡褐色の局所病斑を生じ，No. 30 が灰色の壊疽環紋を生じた。

全身病徴としては No. 5, 78 及び 80 が褪緑した脈間に壊疽斑を生じ著しく萎縮した。また I 及び B 群以外のその他の系統は葉脈濃緑や斑紋を生じ，No. 30 及び 46 は脈間褪緑部に軽微な壊疽斑点が認められ No. 77 は著しい褪緑を示した。I 及び B 群では I_{12}, B_2 及び B_{18} 以外は極く軽微な褪緑斑点で，I_{17} に極く軽微な壊疽斑を生じ，B_{36} は病徴を示さなかつた（第9表参照）。

(22)　*Solanum Dulcamara*

接種約3日後，接種葉に No. 5, 78 及び 80 が灰褐色または褐色の斑点或いは細い環紋を生じ同心円を描いて拡がつた。No. 80 の病斑は周囲が濃褐色で内部に灰色の環紋を含む病斑を生じた。その他の系統には局所病斑を生じなかつた。

全身的にも前記3系統は同様の特徴ある病徴を生じ他の系統には病徴が見られなかつた（第10表参照）。

(23)　**ナスビ**　*Solanum Melongena*

民田：接種約1週間後 No. 5 及び 78 の接種葉に褐色の壊疽斑点，また No. 80 を接種したものに褐色の壊疽環紋を生じた。これらはその後，壊疽性の環紋や線状模様を発達させた。その他の系統は局所病斑を生じなかつた。

全身的にも No. 5 と 80 は褐色の局所病斑と同様の病徴，78 はやや色の淡い病斑を発生した。I 及び B 群以外の他の系統では淡い褪緑斑点を生じ，これが次第に葉脈濃緑や斑紋に変化したが No. 46 は明らかな病徴がなかつた。I 及び B 群では B_2 が微弱斑紋を示したが他は何れも明瞭な病

第10表 Xウィルス系統に対する茄科植物の反応

Table 10 Reactions of Solanaceous plants to strains of potato virus-X.

植物名	*Solanum Dulcamara*			ナス *S. Melongena*			イヌホオズキ *S. nigrum*			*S. nodiflorum*			*S. villosum*		
接種年月日	Ⅷ・2			Ⅷ・6			Ⅷ・27			Ⅷ・27			Ⅷ・27		
実験中の温度°C	24.5～25			24.5～25			23.5～22.5			23.5～22.5			23.5～22.5		
系統番号 ＼ 調査項目	L	M	N	L	M	N	L	M	N	L	M	N	L	M	N
5	○		○	◑		◑	◑	●	●	◑	●	○	○	●	●
78	○		○	◑		◑	◑	●	●	◑	●	○	○	●	●
80	◑		◑	◑		◑	◑	●	●	◑	●	○	○	●	●
9					◑			◑			○			◑	
17					○			◑			○			◑	
30					◑			○			○			◑	
61					○			◑			○			◑	
68					◑			●			◑			●	
77					◑			◑			[illegible]			◑	
85					◑		○	◑			◑			◑	
46								○*			○**		—	—	—
I_2								○			(+)			○	
I_{10}									○		(+)			○	
I_{12}								○	○		○			○	
I_{17}								○			○	○		○	
I_{43}								(+)			○			○	
B_2					○			○			○			○	
B_{18}								○			○			○	
B_{36}								(+)			(+)			(+)	
B_{44}								○	○		○	○		○	

* 1954, Ⅸ・27 接種　　** 1954, Ⅶ・13 接種

徴を示さなかつた（第10表参照）。

(24) **イヌホオズキ** *Solanum nigrum*

接種約3日で接種葉上に No. 5 及び 78 が灰色の円形壊疽斑点を生じ，No. 80 がそれより少しく褐色がかつた同様の病斑を生じた。これらは次第に同心円となり早期に落葉した。他の系統では明らかな局所病斑は見られなかつた。

全身的には No. 5, 78 及び 80 は灰色の美しい同心円をなす環紋が観察され No. 80 では暗褐色の環紋が各病斑の最外部に見られた。他の I 及び B 群以外のものでは脈に沿うて濃緑斑が現われ斑紋となつた。I 及び B 群では微弱な脈間の褪緑斑（I_2, I_{12}, I_{17}, B_{18} 及び B_{44}）や脈に沿う濃緑斑（B_2）が見られた。その他 I_{10} に灰色の環紋が見られ，I_{12} 及び B_{44} の褪緑部に僅かながら壊疽が見られた。その他は明らかな病徴を現わさなかつた。その後9月下旬に接種した植物では斑紋を現わした多くの系統に軽重の差はあるが壊疽斑が現われた（第10表参照）。

(25)　*Solanum nodiflorun*

7月13日接種の植物について見るに，接種4日後，No.5, 80及びI_{17}で円形壊疽斑点，No.78及びI_{12}が円形褪緑斑点を生じたが7日後，No.5は接種葉黄化し，他の上述系統はすべて内部に壊疽斑点または環紋を含んだ円形褪緑斑点に変化した。またこの頃No.17が黄化葉上に緑色環紋，85及びI_2に褪緑斑点を生じた。接種後2～3週間たつと多くの系統の接種葉が黄化した。

全身的にはI及びB群以外の多くの系統で褪緑斑から褪緑斑紋に変化したがNo.5と80以外は軽微な病徴であつた。I及びB群ではI_{12}及びI_{17}が褪緑斑を示した外は明らかな病徴が見られなかつた。8月27日接物植物では局所病斑はNo.5, 78及び80以外では認められず全身病徴としてはNo.78, 5及び80の順に強い褪緑斑や壊疽性の斑点及び環紋を生じ，No.80接種植物が萎縮が最も烈しかつた。I及びB群以外のその他の系統では脈沿いに不整形の濃緑斑を生じ，No.68ではことに病徴が明らかであつた。I及びB群ではI_{12}, I_{17}, I_{43}, B_2, B_{18}及びB_{44}が褪緑斑や軽微な壊疽を現わした（第10表参照）。

(26)　**ジヤガイモ**　*Solanum tuberosum*

チトセ（Xウイルスを含まず）：馬鈴薯塊茎に生じた芽を1本宛切り離して砂耕して発根させ，これを鉢に移植して使用した。

接種葉にはNo.5及び78が不整形の壊疽斑を生じた。その他のものも壊疽を生じたが果してウイルスの増殖によるものかどうか不明であつた。

全身的にはNo.5, 17, 30, 78及びB_{18}によつて上葉脈間に褪緑斑が生じ斑紋となりNo.17以外の系統では褪緑部に褐色不整形の壊疽斑を生じた。B_{18}では葉面一帯に暗褐色の細い環紋や線を生じた。このうちNo.78は最も明らかな病徴を示し葉縁波状を呈した（第8図参照）。何れの系統も茎には壊疽が見られず，接種した年には強系統No.80は明らかな病徴を生じなかつた。

次年度これら植物の塊茎を植えた結果，No.5, 17, 30, 78及び80に斑紋と壊疽斑点，No.77に斑紋，B_2及びI_2に少数の壊疽斑点，その他のものには明らかな病徴を生じなかつた。さらにこれらからセンニチソウとタバコに逆接種したところ，無病徴のNo. 61及びB_{18}接種株からウイルスが検出された。以上の結果を表示すれば第11表のとおりで，タバコ上でNo. 17及び30が明らかな斑紋を示さず，ただ灰色の壊疽線状模様を生じたのは低温その他の環境条件によるものと思われる。

(27)　*Solanum villosum*

接種約3日後No.5, 78及び80が接種葉上に灰色または灰褐色の円形の壊疽斑点を生じ，このうちNo.78の病斑は色の淡いものであつた。その他の系統では明らかな局所病斑は見られなかつた。

全身的には脈間の褪色にともない，脈沿いに濃緑斑を生じ斑紋をなした。さらにNo.78, 5及び80はこの順に濃い褐色の壊疽性の環紋や斑点を濃緑斑を縁どつて生じ，萎縮もこの順に強度を増した。I及びB群以外の系統ではNo. 68が特に葉色と濃緑斑のコントラストが強く明瞭な病徴であつた。I及びB群ではB_{36}以外の系統が同様の軽微な濃緑斑を生じ，I_{17}は特に微弱なものであつた（第10表参照）。

考察及び結論

以上の実験結果を考察するに，一定条件下で多くの系統を取扱うことは困難であつたとはいえ，多数の接種植物上に現われた系統固有の傾向からそれらは大凡三つの群に分けられるように思われる。すなわち第1群は強い病徴を現わすもので環紋ウイルス[7]に属するものと思われる（No.5, 78及び80）。第2群は斑紋ウイルス[7]に属するもので（No.9, 17, 30, 61, 68, 77及び85），第3群は弱い環紋や斑紋を現わすものでNo.46及びI，B両群がこれに入る。第3群の構成は第1群の弱いものか，第2群のそれか，あるいは両者の弱系統を含むのか現在のところでは不明である。何れにせよ以上の分け方はある条件下で通用するもので別な条件下で比較すると第2群も第1群と同様の病徴を示すことがあるかも知れない。気温低下に際してこのような現象が観察され，MATTHEWS[16]やBAWDEN[1]も環境条件の変化に伴う病徴の変化を述べている。また実際にもXモザイク病が十勝地方でよく病徴を発現するのは7月初，中旬で気温16°C内外の時であるが，この温度はXウイルスの病徴発現に適しているようである。[1][21]以上のごとくXウイルスの病徴は環境によつて変化するようである。

第11表 Xウイルス系統による馬鈴薯（チトセ）接種試験

Table 11 Inoculation of strains of potato virus-X to Chitose potato plants.

植物名	馬鈴薯（品種：チトセ）*Solanum tuberosum* var. *Chitose*				
	第1年目病徴（1954）		第2年目病徴（1955）		
接種年月日	Ⅸ・10		（Ⅲ・25 播種 Ⅳ・28 調査）	1955, Ⅴ・31	1955, Ⅴ・13
実験中の温度 ℃	25.5～10.5				
系統番号 ＼ 試験項目	L	Sy	Sy	接種した千日紅の病斑数*	接種したタバコ（ホワイト・バーレー）の病徴
5	壊疽斑	斑紋，壊疽斑点	斑紋，壊疽斑点，葉縁少しく波状	＋	淡褐色壊疽斑
78	〃	斑紋，壊疽斑点，葉縁少しく波状	斑紋，壊疽斑点	＋＋	灰色壊疽線状模様
80	なし	なし	〃	＋	淡褐色壊疽線状模様
9	〃	〃	なし	－	なし
17	壊疽	斑紋	斑紋，壊疽斑点	＋＋＋	灰色壊疽線状模様
30	〃	〃	〃	＋＋	軽微な灰色壊疽線状模様
61	なし	なし	なし	＋	斑紋，微弱灰色壊疽斑点
68	〃	〃	〃	－	なし
77	壊疽	〃	[illegible]	＋＋＋	〃
85	〃	〃	なし	－	〃
46	〃	〃	〃	±	〃
I_2	なし	〃	少数の壊疽斑点	＋	〃
I_{10}	〃	〃	なし	－	〃
I_{12}	〃	〃	〃	－	〃
I_{17}	壊疽	〃	〃	－	〃
I_{43}	〃	〃	〃	－	〃
B_2	〃	〃	極少数の壊疽斑点	＋	〃
B_{18}	なし	細い壊疽環紋及び線，微弱褪緑斑	なし	＋＋	〃
B_{36}	壊疽	なし	〃	－	〃
B_{44}	〃	〃	〃	－	〃

* ＋が多くなるに従い病斑数多いことを示す。

つぎに病徴の発生状況を見ると第1群のものは最初小環紋を生じこれが葉脈をかこむようにして拡がる。第2群のものは最初に褪緑斑や褪緑環紋を生じついで脈をかこんで褪緑部が拡がり，葉脈濃緑や斑紋に変化するようである。シロバナヨウシユチヨウセンアサガオの場合には葉表の脈上に壊疽を網目状に生じたり葉脈透化を現わすが，多くの場合に脈上に壊疽は現われなかつた。このような病徴の発生段階を見ると，Xウイルスは何れの系統も同じ経過によつて病徴を発達させるように思われる。

以上述べたところから若し一般に病徴の強さがウイルスの増殖の強さを現わすものとすれば，第1群は増殖能力が大であると考えられる。したがつて先に分けたような群はウイルスの増殖能力の差によつて生ずるもので，特に環紋を生ずる特定

第1図　馬鈴薯Xウイルスの系統 No. 5, 30, 68及び78で接種した札幌大長ナンバン接種葉の病徴

Fig. 1 Pepper plants (Sapporo Onaga Nanban) infected with potato virus-X, strains No. 5, 30, 68 and 78. Local symptoms of inoculated leaves.

第3図　馬鈴薯Xウイルスの系統 No. 46, 78 及び80を接種した *Datura Metel* (上の三葉は感染植物の下部から採つた)

Fig. 3 *Datura Metel* infected with potato virus-X, strains No. 46, 78 and 80. The upper three leaves are taken from lower parts of infected plants.

第2図　馬鈴薯Xウイルスの系統 No. 46 及び I_{10} を接種したシシトウガラシ，ハリス・アーリー・ジャイアント，頂端壊疽

Fig. 2 Pepper plants (Harris Eary Giant) infected with potato virus-X, strains No. 46 and I_{10}. Top necrosis.

第4図　馬鈴薯Xウイルスの系統 No. 80 及び I_2 を接種した *Nicotiana glutinosa*

Fig. 4 *Nicotiana glutinosa* infected with potato virus-X, strains No. 80 and I_2.

第5図　馬鈴薯Xウイルスの系統 No. 5 を接種したタバコ（ホワイト・バーレー）

Fig. 5　Tobacco (White Burley) infected with potato virus-X, strain No. 5.

第7図　馬鈴薯Xウイルスの系統 No. 5、78、80及び85を接種した *Physalis floridana* 右端、健全株。

Fig. 7　*Physalis floridana* infected with potato virus-X, strains No. 5, 78, 80, and 85. Right end, a control plant.

第6図　馬鈴薯Xウイルスの系統 I_{12} を接種したタバコ（ホワイト・バーレー）

Fig. 6　Tobacco (White Burley) infected with potato virus-X. strain No. I_{12}.

第8図　馬鈴薯Xウイルスの系統 No. 78 を接種した馬鈴薯チトセ

Fig. 8　"Chitose" potato plant infected with potato virus-X, strain No. 78.

の性質を仮定する必要はないように思われる。しかしながらI及びB群を分離した当初の病徴，あるいはこれらの系統によつてその他の植物に往々発生した淡い灰色の環紋や線上模様あるいは壊疽斑などを見れば，これらの系統が一般にもつと不明瞭な病徴を示したとしてもこの変化を環境条件のみによつて説明出来るかどうか疑問である。したがつて，増殖能力を支配する性質の外に新たに環紋を生ずる性質を仮定する必要があるかも知れない。このような点に関しては多くの研究があるが，いまだ本質の究明には至つていない。[3)10)11)12)13)14)16)20)]

またナンバンにおける病徴は前述の系統の区別を不明にする。これは品種によつて異るが，SALAMAN[20)] も同様の観察をしているようである。この植物は多くの系統に対して頂端壊疽を生ずる。この現象は MEER[17)] も報告しているが，他の植物では区別出来ないウイルスの性質によつて起る現象のように思われる。これと似た現象に馬鈴薯の頂端壊疽があるが，MATTHEWS[16)] はこれをウイルスの特定の性質によるものかも知れないと述べている。

ホウズキでは一般に弱い病徴を生ずる系統が多く保毒されていたことは，植物の抵抗性と系統の関係について示唆するところがあるように思われる。

馬鈴薯チトセと系統の間の関係は，馬鈴薯品種とウイルス系統の特異的な関係を窺わせるようである。

以上Xウイルスの系統と病徴の関係について考察を加えたが，いまだ推量の域を脱せず今後さらに研究を続行する予定である。

本研究を行うに当り御教示を戴いた北海道大学福士教授，村山助教授，当場田中技官に深謝する。また，実験を終始援助された後藤，川人両氏に感謝の意を表する。

引 用 文 献

1. BAWDEN, F. C. 1950: Plant viruses and virus diseases. Chronica Botanica, Co. Waltham.
2. BAWDEN, E. C. and F. M. L. SHEFFIELD 1944: The relationship of some viruses causing necrotic diseases of the potato. Ann. appl. Biol. 31, 33～40.
3. CHESTER, K. S. 1936: Seperation and analysis of virus strains by means of precipitin tests. Phytop. 26, 778～785.
4. CLINCH, P. E. M. 1944: Observations on a severe strain of potato virus X. Sci. Proc. R. Dublin Soc., N. S., 23 (28): 273～299.
5. 平井篤造・佐藤義一・後藤洋・八角俊子 1950：日本各地産ジヤガイモモザイク病のバイッス組成．東北農試研究報告 1 200～209.
6. HUTTON, E. M. 1948: The seperation of strains from a virus X complex by passage through potato seedlings. Aust. J. Sci. Res., Ser. B., I (4): 439～451.
7. JOHNSON, J. 1925: Transmission of viruses from apparently healthy potatoes. Agr. Exp. Sta. Wisc. Res. Bull. 63, 12 pp.
8. JONES, L. K., E. J. ANDERSON and G. BURNETT 1934: The latent virus of potato. Phytop. Z. 7, 93～115.
9. KOCH, K. L. 1933: The nature of potato rugose mosaic. Phytop. 23, 319～342.
10. KÖHLER, E. 1937: Fortgeführte Untersuchungen mit verschiedenen Stämmen des X-Virus der Kartoffel (Ringmosaikvirus). Phytop. Z. 10 31～41.
11. KÖHLER, E. 1938: "Mutation" bei pflanzenpathogenen Viren. Züchter 10, 68～72.
12. KÖHLER, E. 1939: Über die X^E-Gruppe des Kartoffel-X-Virus. Zentralbl. Bakt. II, 101, 29～40.
13. KÖHLER, E. 1939: Über das Auftreten abweichender Varianten bei den Cs-Stammen des Kartoffel-X-Virus. Arch. ges. Virusforsch., i, 46～69.
14. KÖHLER, E. und M. KLINKOWSHI 1954: Handbuch der Pflanzenkrankheiten II Viruskrankheiten. Berlin und Hamburg.
15. LADEBURG, R. C., R. H. LARSON and J. C. WALKER 1950: Origin, interelation and properties of ringspot strains of virus X in American potato varieties. Wis. Agr. Expt. Sta. Res. Bull. 165, 47 pp.
16. MATTHEWS, R. E. F. 1949: Studies on potato virus X. I. Types of change in potato virus X infections. II. Criteria of relationships between strains. Ann. appl. Biol. 36, 448～474.
17. MEER J. H. H. VAN DER 1933: A study of the virus from the apparently healthy potato

variety "Green Mountain". Zentralbl. Bakt. 87, 240～262.

18. 大島信行　1954：馬鈴薯Xバイラスの系統について　第1報　寄主の反応, 日・植・病・報., 19, 177（講演要旨）.

19. 大島信行　1955：バイラスの変異, 馬鈴薯Xバイラスの変異について, 日・植・病・報., 20, 134（講演要旨）.

20. SALAMAN, R. N. 1938 : The potato 'X' : its strains and reactions. Philos. Trans. Roy. Soc., Ser. B., 229, 137～217.

21. 田中一郎・村山大記・大島信行　1956：馬鈴薯Xモザイク病に関する研究, 北海道農試報告, 49.

22. VASUDEVA, R. S. and T. B. LAL 1945 : Studies on the virus diseases of potatoes in India I Occurrence of Solanum virus 1. Ind. J. Agr. Sci. 14 ; 288～295.

Résumé

The reactions of various kinds of solanaceous plants and *Gomphrena globosa* to twenty strains of potato virus-X were observed by the employment of sap infections.

These strains were grouped into three types on the basis of the intensity of their symptoms. The first group produced severe symptoms which consisted of irregular necrotic lines and concentric rings, the second group mottle symptoms and the third group mild mottle or ringspots ymptoms. These symptoms generally became necrotic and intensified in the low temperature.

Most of the strains produced red-brown ring lesions on inoculated leaves of *Gomphrena globosa* which had grey centers and only a very mild strain B_{36} produced light colored lesions. No strains showed systemic symptoms.

Most of the strains produced necrosis on pepper plants and the characteristic features of the three groups were obscured, but B_{36} produced very mild or no symptoms. *Anahium Chilli* pepper plants showed mild symptoms resulting from the infection of mild strains.

Physalis Francheti var. *Bunyardii* became symptomless carriers of a few strains of the second group and of all strains of the third group, but severe strains were not carried.

There may be a special relationship between the strains of potato virus-X and Chitose potato plant, because the potato plants were infected only with limited number of strains.

マメシンクイガ幼虫の大豆莢内潜入について

松本　茂*　黒沢　強*

STUDIES ON THE VARIETAL DIFFERENCES OF SOY BEAN ON THE NUMBER OF THE BORING OF THE SOY BEAN POD BORER, *GRAPHOLITHA GLYCINIVORELLA* MATSUMURA

By Shigeru MATSUMOTO and Tsuyoshi KUROSAWA

筆者等はさきに大豆各品種の莢内潜入虫数は潜入時の莢長総計と正の相関々係を有することを見出だし，この莢長総計は潜入し得る場所の大きさの指標と考えられると述べた。その後の実験により，品種間で上記の関係の乱れる場合，各品種の莢が選択の対象となるかどうかについて新しい知見を得たので報告する。

本実験を行うに当り，御指導を賜った当場次長桑山覚博士，害虫研究室長桜井清技官，並びに協力された細野綾子，島崎忠雄両氏に感謝の意を表する。

結果並びに考察

1．莢の大きさと潜入との関係

1954年に第1表の15品種を5月17日播種，1株2本立とし，1区面積2.5坪に80株（20株×4列）を植栽し，3連制として各品種を任意に配列した。

第1表　供試品種特性表

Table 1　Soy bean varieties tested.

	品種名	熟期	毛茸	子実の大きさ
1	奥原大豆	早熟	有	稍小
2	吉岡大粒	中熟の晩	〃	大
3	十勝長葉	中熟の晩	〃	中
4	中生光黒	〃	〃	大
5	晩生光黒	晩熟	〃	〃
6	鶴の子	〃	〃	〃
7	早生黒千石	中熟	〃	小
8	早生裸	中熟の稍早	無	稍小
9	中生裸	中熟の稍晩	〃	小
10	十勝裸	〃	〃	〃
11	長葉裸1号	晩熟の早	〃	中
12	大粒裸	中熟	〃	大
13	白花大粒裸	〃	〃	〃
14	（新得）	中熟の稍晩	〃	中
15	（関谷）	〃	〃	〃

註）「新得」及び「関谷」は両地にて栽培されている品種不明の裸大豆の仮称である

第2表　各調査時期の莢数，莢長総計及び潜入痕数（5本当り）

Table 2　Number of pods, total length of pods and number of entrance holes at different times (per 5 plants).

品種名 ＼ 項目・月日	莢数					莢長総計（cm）					潜入痕数				
	Ⅷ.26	Ⅷ.31	Ⅸ.5	Ⅸ.10	Ⅸ.15	Ⅷ.26	Ⅷ.31	Ⅸ.5	Ⅸ.10	Ⅸ.15	Ⅷ.26	Ⅷ.31	Ⅸ.5	Ⅸ.10	Ⅸ.15
1 奥原大豆	130.0	127.3	122.3	115.3	124.7	570.6	568.0	544.7	517.2	589.2	1.7	0.3	17.7	35.0	87.7
2 吉岡大粒	227.3	216.3	239.3	229.0	218.3	703.6	971.8	1030.7	1034.3	974.9	1.0	2.0	28.7	59.7	116.0
3 十勝長葉	302.7	352.0	353.3	305.3	245.0	721.3	1270.7	1297.5	1113.6	1000.6	0.3	0	14.0	53.0	82.7
4 中生光黒	193.7	326.0	236.0	218.0	162.3	548.7	923.1	930.0	1075.7	749.4	0	1.3	9.7	56.7	72.0
5 晩生光黒	61.7	88.3	139.0	117.0	119.7	116.6	299.5	584.2	525.0	579.6	0	0	4.3	27.3	46.3
6 鶴の子	8.7	77.7	151.7	162.7	168.7	14.1	186.0	504.9	669.1	712.0	0	0	4.3	18.7	41.7
7 早生黒千石	0.7	307.0	585.7	624.7	644.3	1.0	574.2	1540.4	1812.6	1852.1	0	0	18.7	41.0	97.7
8 早生裸	238.7	222.7	250.6	220.3	204.7	811.7	882.1	987.8	1008.4	877.9	0	0.7	6.3	13.0	38.7
9 中生裸	201.0	280.3	322.3	287.7	283.3	552.3	743.5	1044.8	967.3	991.8	0	0	5.0	28.7	52.0
10 十勝裸	253.3	334.3	307.6	353.0	327.7	701.0	1086.3	983.2	1168.6	1094.2	0	2.0	12.0	29.7	53.0
11 長葉裸1号	84.3	215.7	266.7	213.3	204.0	190.2	732.7	1042.7	929.1	982.6	0	1.3	4.7	21.3	57.7
12 大粒裸	119.0	177.3	188.6	173.3	113.3	567.8	729.0	831.4	755.5	633.1	0	0	8.0	37.7	63.7
13 白花大粒裸	161.7	213.0	218.7	219.7	160.0	494.8	912.9	945.2	979.8	698.0	0	0	7.3	37.3	58.3
14 新得	145.3	308.3	254.9	319.7	334.0	420.5	886.7	805.7	1019.3	1102.5	0	1.0	7.7	42.0	75.0
15 関谷	191.7	264.7	340.3	285.0	286.3	463.0	874.3	1187.4	999.9	948.8	0	1.3	31.7	43.0	48.3

* 病理昆虫部害虫研究室

8月26日より5日間隔で5回にわたり各区5本ずつ抜き取り，莢数，莢長及び潜入痕数を調査した。その結果を大括すると第2表のとおりである。「奥原大豆」，「吉岡大粒」，「早生裸」は8月26

第3表　莢の大きさと潜入幼虫数との関係（5本当り）

Table 3　Relation between pod-length and number of entrance holes.

品種名 ＼ 調査月日	調査項目 ＼ 莢長区分 (cm)	IX. 5						IX. 10						IX. 15					
		1.0〜1.9	2.0〜2.9	3.0〜3.9	4.0〜4.9	5.0〜5.9	6.0〜6.9	1.0〜1.9	2.0〜2.9	3.0〜3.9	4.0〜4.9	5.0〜5.9	6.0〜6.9	1.0〜1.9	2.0〜2.9	3.0〜3.9	4.0〜4.9	5.0〜5.9	6.0〜6.9
1 奥原大豆	莢数	1.1	3.5	14.5	51.3	28.9	0.8	0.3	6.7	19.4	46.7	22.8	1.7	0	0.8	8.8	51.3	37.5	1.6
	莢長総計	0.3	1.8	10.5	47.6	38.7	1.1	0.1	3.9	14.1	49.7	29.7	2.6	0	0.4	6.4	48.1	42.9	2.1
	潜入痕数	4.0	1.7	15.3	46.9	32.2	0	0.9	16.3	44.9	32.3	5.7	0	0	0	8.3	47.2	41.1	3.4
2 吉岡大粒	莢数	1.1	3.6	16.7	56.5	21.9	0.1	1.2	11.6	26.1	40.7	20.0	0.4	0.6	2.9	15.4	47.9	32.4	0.8
	莢長総計	0.4	2.1	12.8	57.4	27.1	0.2	0.3	7.0	21.9	43.9	26.3	0.7	0.2	1.6	11.7	46.8	38.6	1.1
	潜入痕数	0	1.0	19.9	54.7	24.4	0	0	1.1	9.7	49.3	36.7	3.0	0	1.5	11.8	49.1	36.5	1.1
3 十勝長葉	莢数	5.7	10.8	42.3	37.1	4.0	0.8	4.4	8.1	38.4	45.0	4.2	0.1	3.3	6.4	40.1	44.9	5.3	0
	莢長総計	2.3	7.3	39.7	44.7	5.8	0.2	1.7	5.2	34.7	52.3	5.9	0.2	1.2	4.1	35.8	51.5	7.4	0
	潜入痕数	0	5.0	35.7	57.1	2.1	0	0	1.9	35.3	56.6	6.2	0	0	0.4	36.7	56.9	6.0	0
4 中生光黒	莢数	3.1	8.5	13.4	43.3	31.4	0.3	1.1	2.2	10.9	48.0	37.0	0.9	0.8	1.9	9.2	48.1	39.0	1.0
	莢長総計	1.1	4.8	10.6	44.1	39.0	0.4	0.3	1.1	8.1	45.9	43.2	1.3	0.3	1.0	6.8	45.4	45.1	1.4
	潜入痕数	0	0	13.4	38.1	41.2	7.2	0	0	5.3	38.3	55.2	1.2	0	0.4	5.1	50.0	44.0	0.4
5 晩生光黒	莢数	5.8	12.9	18.0	26.6	34.3	2.4	3.7	6.2	15.1	26.2	42.7	6.0	1.1	2.8	9.4	29.0	49.1	8.6
	莢長総計	2.0	7.6	14.7	28.0	44.1	3.6	1.2	3.4	11.4	25.3	50.4	8.3	0.3	1.4	6.6	26.2	54.1	11.4
	潜入痕数	0	7.0	7.0	39.5	46.5	0	0	0	13.6	22.0	59.7	4.8	0	0	6.5	25.2	55.4	12.9
6 鶴の子	莢数	20.9	22.6	22.2	18.9	13.0	2.4	8.4	10.9	18.3	30.7	29.1	2.6	3.9	8.7	19.6	38.9	27.1	1.8
	莢長総計	9.3	16.7	23.0	25.2	21.1	4.7	3.0	6.5	15.2	33.0	38.1	4.1	1.4	5.0	15.8	40.6	34.5	2.7
	潜入痕数	0	0	0	23.3	76.7	0	0	7.0	16.0	41.2	32.1	3.7	0	3.1	15.2	41.7	36.9	3.1
7 早生黒千石	莢数	17.1	43.4	39.2	0.3	0	0	8.6	33.5	56.0	1.8	0.1	0	6.8	35.1	56.9	1.2	0	0
	莢長総計	9.4	39.8	50.3	0.5	0	0	4.3	27.8	65.1	2.6	0.2	0	3.4	29.0	65.8	1.8	0	0
	潜入痕数	5.3	41.2	53.5	0	0	0	0.7	29.3	69.0	0.7	0	0	0	[illegible]	[illegible]	[illegible]	0	0
8 早生裸	莢数	4.5	7.3	24.6	54.8	8.8	0	4.2	4.7	26.5	54.2	10.4	0	0.8	3.8	21.8	61.0	12.2	0.3
	莢長総計	1.7	4.5	21.2	60.7	11.9	0	1.5	2.8	22.5	59.2	13.9	0	0.3	2.2	17.7	63.7	15.6	0.5
	潜入痕数	0	0	15.9	79.4	4.8	0	0	0	13.1	66.9	20.8	0	0	0	13.7	62.2	24.1	0
9 中生裸	莢数	5.2	19.5	67.0	8.3	0	0	3.5	16.4	65.1	15.0	0	0	2.0	10.8	77.1	10.0	0.1	0
	莢長総計	2.4	14.9	71.4	11.4	0	0	1.5	12.0	66.7	19.7	0	0	0.9	7.8	78.1	13.0	0.2	0
	潜入痕数	0	6.0	80.0	14.0	0	0	0	9.4	74.2	16.4	0	0	0.6	7.1	84.0	8.3	0	0
10 十勝裸	莢数	4.0	18.2	72.6	5.1	0.1	0	2.8	16.8	69.5	10.9	0	0	1.0	12.8	77.8	7.7	0.6	0
	莢長総計	1.8	15.8	77.2	7.0	0.2	0	1.3	12.4	71.9	14.5	0	0	0.5	9.3	79.1	10.1	1.0	0
	潜入痕数	0	14.2	77.5	8.3	0	0	0	12.5	79.8	7.7	0	0	0	10.0	80.6	9.4	0	0
11 長葉裸1号	莢数	14.4	14.4	15.5	30.3	21.5	4.0	6.3	6.1	14.9	35.9	30.3	6.1	5.5	9.5	14.7	35.9	29.6	4.8
	莢長総計	5.5	9.2	13.8	34.7	30.1	6.7	2.1	3.4	11.7	36.1	37.2	8.9	1.9	5.4	11.7	36.9	37.1	7.1
	潜入痕数	0	6.5	6.5	21.7	57.4	6.5	0	4.7	1.4	50.2	37.6	6.1	0	1.2	9.2	36.4	39.9	13.3
12 大粒裸	莢数	1.7	5.3	15.0	65.7	12.2	0	1.6	1.2	15.2	62.7	18.3	1.2	0.7	0.7	17.0	70.0	11.6	0
	莢長総計	0.6	3.1	12.2	68.6	15.5	0	0.5	0.6	11.8	62.9	22.4	1.7	0.2	0.4	13.5	71.4	14.4	0
	潜入痕数	0	3.8	12.5	50.0	33.8	0	0	1.9	15.1	68.2	14.1	0.8	0	0	13.7	73.8	12.6	0
13 白花大粒裸	莢数	3.2	4.4	11.9	61.3	18.4	0.8	0.1	2.3	14.7	64.7	17.2	1.0	0.2	2.7	13.8	61.1	21.3	1.1
	莢長総計	1.1	2.5	9.5	62.7	23.1	1.2	0.1	1.3	11.5	64.7	21.0	1.5	0.1	1.5	10.6	60.6	25.8	1.5
	潜入痕数	0	0	9.6	58.9	27.4	4.1	0	0.8	9.9	70.5	18.8	0	0	0	9.1	59.5	29.7	1.7
14 新　円	莢数	4.0	15.0	55.2	25.8	0.9	0	3.1	17.2	63.0	16.7	0	0	2.5	19.2	65.4	12.9	0.1	0
	莢長総計	3.0	18.4	21.3	57.1	0.2	0	1.4	12.5	64.2	21.9	0	0	1.1	14.1	67.4	17.1	0.2	0
	潜入痕数	0	3.2	71.6	25.2	0	0	0.7	7.1	71.4	20.7	0	0	0	10.7	75.6	13.7	0	0
15 関　谷	莢数	4.0	15.0	55.2	25.8	0.9	0	1.4	12.0	60.7	25.7	0.5	0	1.3	12.5	60.0	25.9	0.2	0
	莢長総計	3.0	18.4	21.3	57.1	0.2	0	0.6	8.3	58.5	31.9	0.7	0	0.5	8.6	58.0	32.3	0.4	0
	潜入痕数	0	3.2	71.6	25.2	0	0	0	3.0	67.4	29.5	0	0	0	6.2	57.9	34.5	1.4	0

註）莢数，莢長総計，潜入痕数は百分率で示す。

日にはすでに結莢を終つているが，他の品種はこの時期には結莢の中途であり，「早生黒千石」はまだほとんど莢が見られない。莢長は「奥原大豆」のみがこの時期に伸長を終つているが，他の品種はいずれも伸長中である。孵化幼虫の莢内潜入は8月31日まではほとんど認められず，9月5日から潜入が見られ，以後急激に増加している。収穫時の潜入調査と対比すると9月15日では35〜65％の潜入があつたと見做し得る。

ここにおいて，どのような莢に潜入が多いかということを，潜入のはじまつた9月5日以後の調査結果より莢長の階級別に各々の潜入痕数をみると第3表のとおりである。9月15日調査についてみると「早生黒千石」，「中生裸」，「十勝裸」，「新得」，「関谷」では3.0〜3.9 cm の莢に，「奥原大豆」，「吉岡大粒」，「十勝長葉」，「中生光黒」，「鶴の子」，「早生裸」，「大粒裸」，「白花大粒裸」では4.0〜4.9 cm の莢に，「晩生光黒」，「長葉裸1号」は5.0〜5.9 cm の莢に最も多く，あたかもこの大きさの莢を選択したかのようである。しかし，これらの長さを有する莢数或いは莢長総計もそれ相応に多く，莢数或いは莢長総計が多いから結果的にその階級の莢に潜入痕数が多くなるにすぎないようである。西島（1954 b）もすでに同様な事実を認めている。この莢数または莢長総計と潜入痕数との関係は潜入痕数の増加するにつれてはつきりとしてきて，9月15日では非常に高い正の相関を示す。莢数よりも莢長総計がより高い相関値を示し，莢長総計が第一義的に関係していることがうかがわれる。各階級の莢長総計と潜入痕数の相関係数を示すと第4表のとおりである。但し1.0〜1.9 cm の莢にはほとんど潜入がなかつた。

第4表　各階級の莢の莢長総計と潜入痕数との相関

Table 4　Correlation of number of entrance holes with total length of pods classified by pod length.

品種名		相関係数	品種名		相関係数
1	奥原大豆	＋ 0.999	9	中生裸	＋ 0.997
2	吉岡大粒	＋ 0.997	10	十勝裸	＋ 1.000
3	十勝長葉	＋ 0.998	11	長葉裸1号	＋ 0.974
4	中生光黒	＋ 0.997	12	大粒裸	＋ 0.999
5	晩生光黒	＋ 0.999	13	白花大粒裸	＋ 0.997
6	鶴の子	＋ 0.998	14	新得	＋ 0.996
7	早生黒千石	＋ 0.995	15	関谷	＋ 0.997
8	早生裸	＋ 0.985			

第1図　莢長総計と潜入総計との関係（1953）

Fig. 1　Relation between total pod length and number of entrance holes — 1953.

河田（1950）は第1化期二化螟虫による稲の被害に関する研究において，主幹及び第1次分蘖等低節位分蘖に被害の多いのは螟虫の選択性によるものでなくて，長い間大きな形を螟虫食入の機会に曝らしているものほど螟虫侵入の公算が大きく，それだけ被害が多いというにすぎないと結論しているが，類似の事象と考える。

有毛茸品種では産卵の大部分が莢になされ，かつ莢の大きさと産卵数の間に潜入の場合と同じような関係が認められているので(松本・黒沢，1954)潜入痕がこのような分布をしているのも当然と考えられるが，莢に産卵がほとんどなされない裸品種でも同様な関係が存在することは孵化幼虫の

行動の点からも注目すべきことと考える。

2. 莢長総計と潜入痕數との関係

1953 年の試験より，各品種の潜入痕数は 8 月 30 日の各品種の平均莢長と調査個体の総莢数とから推定したところのこれら個体の当時の莢長総計との間に $r=+0.828^{**}$ の相関関係が存在することを認めた（第 1 図；松本・黒沢 1954）。8 月 30 日はその年の産卵最盛期に当つた。

本試験（1954）の供試各品種につき，産卵最盛期にして潜入初期に当る 9 月 5 日の平均莢長をもととし，成熟期調査個体の当時の莢長総計を推定し，潜入痕数と共に示すと第 5 表のとおりである。但し，9 月 5 日には「鶴の子」及び「早生黒千石」は約 90 %が結莢した状況であるので，この両品種は莢数の 90 %をもつて莢長総計を算出した。

第 5 表　供試各品種の莢長総計及び潜入痕数（10 本当り）—1954 年

Table 5　Total pod length and number of entrance holes per 10 plants.

品種名	平均莢長 cm	莢数	莢長総計 cm	潜入痕数
1 奥原大豆	4.4	239	1052	271
2 吉岡大粒	4.3	360	1548	523
3 十勝長葉	3.4	489	1663	336
4 中生光黒	3.9	354	1381	315
5 晩生光黒	4.2	200	840	153
6 鶴の子	3.3	269	888	179
7 早生黒千石	2.6	717	1864	330
8 早生裸	3.9	412	1607	199
9 中生裸	3.3	778	2567	289
10 十勝裸	3.2	690	2208	222
11 長葉裸 1 号	3.9	326	1271	170
12 大粒裸	4.4	326	1434	257
13 白花大粒裸	4.3	376	1617	271
14 新得	3.2	615	1968	258
15 関谷	3.5	572	2002	239

註）平均莢長は 9 月 5 日のものを示し，莢数及び潜入痕数は成熟期被害調査個体のものである。

莢長総計と潜入痕数の関係は第 6 表の如く，有毛茸 7 品種間のみでは $r=+0.72^{*}$ の有意の相関関係が認められたが，裸品種を含めた全品種間では相関が認められなかつた（第 2 図）。

第 6 表　莢長総計と潜入痕数との相関

Table 6　Correlation between total pod length and number of entrance holes.

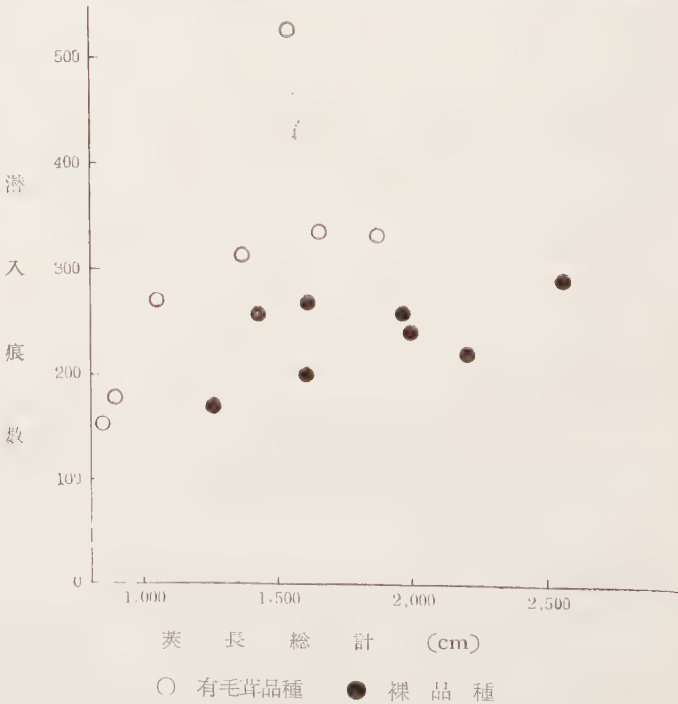
項目	相関係数
有毛茸品種	＋ 0.72*
全品種	＋ 0.27

第 2 図　莢長総計と潜入痕数との関係（1954 年）

Fig. 2　Relation between total pod length and number of entrance holes — 1955.

前年の結果から莢長総計と潜入痕数との関係は恐らく全品種間にも存在し，潜入期に莢面積の大きい品種は潜入数も多くなると考えた。従つて潜入虫数の品種間差異は主として品種の volume に関係するものであり，PAINTER (1951) のいう "Preference", "Antibiosis" 及び "Tolerance" のどれにも該当しない。加藤（1953）の述べる如く，厳密な意味での品種間差異，或いは抵抗性の有無という考え方に結びつけるべき場面ではないであろうと考えた。しかし本試験結果をあわせ考えると，上述の如き関係のなりたつのはある特定の品種群の間のみに過ぎないのか，または有毛茸品種と裸品種は別にしなければならないのかなどについて改めて考慮しなければならぬこととなつた。

本試験結果を見るに，有毛茸品種の潜入痕数のみが産卵最盛期にして潜入初期である時期の莢長総計と密接な関係があり，かつ有毛茸品種の産卵数と潜入痕数との間には，1953年の場合（$r=+0.93^{**}$）と同じように，$r=+0.91^{**}$の極めて有意な相関があることよりみれば，潜入痕数は産卵数の多少に支配されているようである。しかし，前年と同じく本試験でも裸品種は少ない産卵数(第7表)にかかわらず有毛茸品種と大体同じ order の潜入痕数のあることを考えると（第8表，第3図），産卵数と潜入数との間に直接的な関係があるというよりも，潜入数は潜入の場所の大きさによつてきまるが，有毛茸品種にあつては産卵も潜入も同じく莢長を指標とする故に，産卵数と潜入数との間にも相関が認められたとするのが妥当であろう。西島（1954 a）は卵接種実験を行い，接種卵及び孵化幼虫の増加により潜入痕数が増加し，その結果被害種子数及び率が増加するという結果を得た。そうしてこれらの事実は産卵数の多少という要因が他の如何なる要因よりも大豆の被害量を左右する上に決定的な役割をもつことを示すとして，裸品種群と多毛茸品種群間に認められる産卵数の顕著な差異は大豆の耐虫性に関係ある最も重要な要因であると考えた。しかし筆者等の行つた圃場の実態の解析の結果は前に述べた如くであり，産卵数がより一層少ない場合は別として，圃場に見られる如き産卵数であつては，有毛茸品種群と裸品種群の間の産卵数の差異は潜入幼虫数とは無関係といつてもよく，従つて耐虫性に関与する主要因ともいい得ないであろう。

以上述べてきたことにより，少なくとも有毛茸品種間では潜入痕数は莢長総計の多少に支配されることが認められると思う。

本試験では莢長総計に比して裸品種の潜入痕数が有毛茸品種のそれよりも少なかつたために（第2図）全供試品種間に相関が認められなかつたのであるが，両年の各品種の莢長総計に対する潜入密度（潜入痕数/莢長総計）を示すと第9表の如くである。

第7表　各品種の産卵数

Table 7　Number of eggs laid on varieties tested.

品種名	産卵数	品種名	産卵数
1　奥原大豆	168	9　中生裸	80
2　吉岡大粒	292	10　十勝裸	48
3　十勝長葉	249	11　長葉裸1号	57
4　中生光黒	167	12　大粒裸	62
5　晩生光黒	152	13　白花大粒裸	91
6　鶴の子	129	14　新得	87
7　早生黒千石	200	15　関谷	70
8　早生裸	94		

註）調査個体数3本

第8表　有毛茸品種と裸品種の産卵数及び潜入痕数の比較

Table 8　Comparison of number of eggs and entrance holes between pubescent and glabrous varieties.

区別	1953		1954	
	産卵数	潜入痕数	産卵数	潜入痕数
有毛茸品種	322	411	194	301
裸品種	68	473	72	235
裸品種/有毛茸品種	0.21	1.15	0.37	0.78

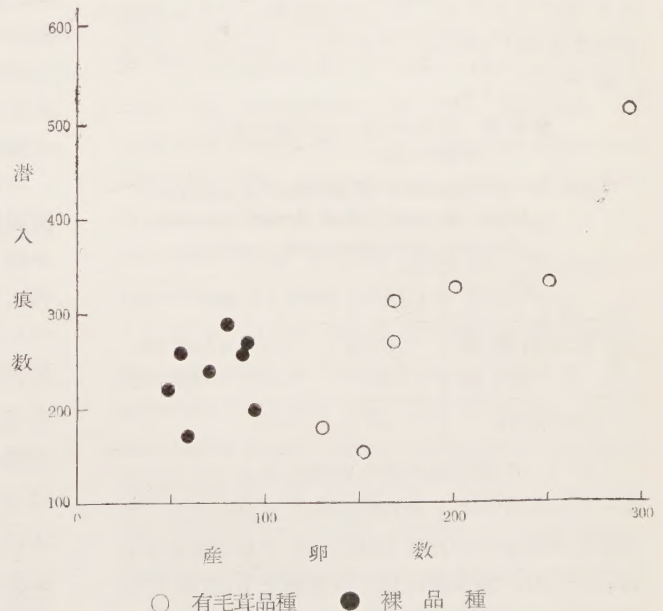
註）有毛茸品種は1953年7品種，1954年7品種の平均値。裸品種は1953年3品種，1954年8品種の平均値。

第3図　産卵数と潜入痕数との関係

Fig. 3　Relation between number of eggs and number of entrance holes.

第9表　潜入密度

Table 9　Number of entrance holes on unit pod length.

品種名	1953	1954
奥原大豆	-	0.26
吉岡大粒	-	0.34
十勝長葉	0.48	0.20
北見長葉	0.48	-
中生光黒	0.40	0.23
中生黒大粒	0.43	-
晩生光黒	0.52	0.18
鶴の子	0.58	0.20
早生黒千石	-	0.18
早生裸	-	0.12
中生裸	0.38	0.11
十勝裸	0.31	0.10
長葉裸1号	0.39	0.13
大粒裸	-	0.18
白花大粒裸	-	0.17
新得	-	0.13
関谷	-	0.12
有毛茸品種平均	0.48	0.23
裸品種平均	0.36	0.13

1953年でも裸品種の潜入密度は有毛茸品種のそれよりも低いのであるが，1954年では更に著しく低くなつている。両年共通の品種で比較すると第10表のとおりで，有毛茸品種群に対する裸品種群の比率は1953年の72％から1954年の52％に低下している。

第10表　有毛茸品種と裸品種の潜入密度の比較

Table 10　Comparison of number of entrance holes on unit pod length between glabrous and pubescent varieties.

区別＼年次	1953	1954	備考
有毛茸品種群	0.50	0.21	4品種平均
裸品種群	0.36	0.11	3品種平均
裸/有毛茸	0.72	0.52	

このように裸品種の潜入密度の低かつたことは孵化幼虫数すなわち産卵数が有毛茸品種に比して異常に少なかつたためではないかと先ず考えられる。しかし，第9表に見られる如く1953年には有毛茸品種の21％の産卵数であるが，1954年は37％の産卵数を有しているので，裸品種の産卵数が有毛茸品種に対して特に少なかつたためとはいえないようである。その他の原因として卵の脱落，孵化率，孵化幼虫の死亡率が挙げられるが，両品種群間で孵化率の相違があるとは考えられない。しかし，卵の脱落，孵化幼虫の死亡率の両群間の相違が年によつて異なつてくることは考えられることである。産卵は有毛茸品種では莢の表面の毛茸の間であり，裸品種では托葉内側を主として茎葉の裸の表面になされる。この差異が年によつては影響するのかもしれない。孵化幼虫の潜入までの間の死亡率については，有毛茸品種では莢上産卵が大部分であるため，孵化幼虫の潜入までの行動範囲及び時間は僅かであろうが，裸品種では大多数の孵化幼虫は莢以外の所から莢まで移動しなければならぬので，行動距離及び時間は前者よりも大となるだろう。従つて外部からの影響を受ける機会も多く，潜入期の外的環境条件の良い年にはこれらの差異は大きくは影響しないが，悪い年には裸品種の孵化幼虫がより大きな影響をうけて，その幼虫の斃死するものが多く，潜入密度が小となると考えることは出来よう。室内の卵接種実験では西島(1954 b)が述べている如く，莢以外で孵化した幼虫も莢上で孵化した幼虫とほとんど同様に莢内に潜入するが，圃場の雨風に曝されている自然状態では桑山(1938)のいう如く，莢以外の部分で孵化した幼虫の運命――すなわち裸品種の場合――は不安定であるのではなかろうか。

以上により裸品種の潜入痕数も矢張り莢長総計によつて決められるが，環境条件が悪い年にはこの関係が乱されると考えることが出来よう。

なお各品種の莢長総計と潜入痕数の間に正の相関関係が存在するといつても，各品種の潜入密度を個々に比較するとかなり異つている(第9表)。特に1954年では品種間のふれが大きく，晩生種になるにつれて潜入密度が小となつている。莢の発育程度が関係しているようであるが，前年ではこのような傾向は認められない。外的環境の影響で裸品種の潜入率が悪くなつたとすれば，その力は有毛茸品種の孵化幼虫にも働いて，潜入密度のふれを大きくしたとも考えられる。また，裸品種の中でも「大粒裸」及び「白花大粒裸」は他の品種よりも潜入密度が高い。この両品種は裸品種の中で被害の多い品種として知られているので，品種固有の他の要因が働いていることも考えねばな

らない。

摘　　要

本研究は1954年の実験を基にして，マメシンクイガ孵化幼虫の莢内潜入と莢の大きさ及び品種との関係を論じたものである。その大要は次のとおりである。

(1) 各品種ともそれぞれある大きさの莢に孵化幼虫の潜入が多いが，それはその大きさの莢の階級の莢長総計が大きいから，そのようになるのであつて，孵化幼虫が莢を選択したからではない。

(2) 1953年の結果では裸品種を含めた全供試品種において，莢長総計と潜入痕数の間に正の相関関係が認められた。1954年では，有毛茸品種間にのみ相関が認められたが，裸品種では莢長総計に比して潜入痕数が少なかつたため，裸品種を含めた全品種間では相関は認められなかつた。

(3) この裸品種の潜入密度の低いことは産卵数が有毛茸品種に対して特に少なかつたためということは出来ない。何となれば裸品種の有毛茸品種に対する産卵数の比率は前年よりもむしろ大きい傾向を示しているからである。

(4) 孵化から潜入までの間の幼虫死亡率の両品種群間の差異が年によつて変ることは考えられる。何となれば裸品種の孵化幼虫の方が有毛茸品種のそれよりも外部の悪影響を多く受け易いからである。従つて，潜入時の環境条件が幼虫の生存に不利な時には裸品種の孵化幼虫の生存率は有毛茸品種に比して悪くなり潜入密度の両品種群の差も大きくなるのではなかろうか。

(5) 各品種の潜入痕数に関与する他の要因の存在も考えられる。

引 用 文 献

1 加藤陸奥雄 (1953)：作物害虫学概論

2 河田　党 (1950)：螟虫による稲の被害に関する研究　第2報　第1化期被害の分析的研究(1)〔農林省農試報告第66号〕

3 桑山　覚(1938)：大豆莢蠹虫の生態に就きて〔日本学術協会報告，13(4)：581～585〕

4 松本　蕃・黒沢　強 (1954)：マメシンクイガによる大豆被害粒数の品種間差異について〔北海道農試彙報，第67号，18～27〕

5 西島　浩 (1954 a)：大豆に於けるマメシンクイガ幼虫の減少経過及び大豆の被害〔北大農学部邦文紀要，(2)；112～125〕

6 西島　浩 (1954 b)：大豆に於けるマメシンクイガの産卵部位と幼虫の莢内潜入に就いて〔北大農学部邦文紀要，(2)；127～132

7 PAINTER, P.H. (1951)：Insect resistance in crop plants.

Résumé

Further experiments on the factors affecting the varietal differences in the number of borers which penetrated into the pods were conducted in 1954 at the Hokkaido Agricultural Experiment Station. The results obtained are summarized in the following lines.

1. A highly significant correlation was recognized between the total length of pods classified by pod length and the number of the entrance holes in each variety. From this fact, it can be said that there was no selection of pods in penetration, in so far as size in concerned.

2. Although the number of the entrance holes on pods was significantly correlated with the total pod length between all soybean varieties tested including glabrous ones in the experiments of 1953, the correlation was not recognized in 1954 between all varieties tested, but only between pubescent varieties. The phenomenon obtained in 1954 is responsible for the small number of the entrance holes of the glabrous varieties in proportion to their total pod length.

3. It is not the reason for the small number per unit area of the entrance holes of the glabrous varieties that the glabrous varieties had a small number of eggs as compared with that of the pubescent varieties, because the proportion of the number of eggs in the glabrous varieties to the pubescent varieties in 1954 was larger than that of previous year.

4. Because the hatching larvae of the glabrous varieties are easily affected by the

environmental conditions, it is conceivable that the difference of the larval mortality during the period from hatching to boring between two varietal groups is unlike by the year. It can be said that environmental conditions adverse to the survival of the hatching larvae lead to a high larval mortality in the glabrous varieties and consequently enlarge the difference of the boring density between two varietal groups.

5. It may be thought that other factors affect the varietal differences in respect to the number of the boring.